

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

## **СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО МАНИПУЛЯТОРА «РУКА» С ГОЛОСОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Выпускная квалификационная работа  
по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы  
и технологии  
профилю подготовки «Информационные технологии в медиаиндустрии»

Идентификационный номер ВКР: 680

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра информационных систем и технологий

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ

Заведующая кафедрой ИС

\_\_\_\_\_ Н. С. Толстова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО МАНИПУЛЯТОРА «РУКА»**  
**С ГОЛОСОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Исполнитель:

обучающийся группы ДЗИТм-511

В. С. Гончаров

Руководитель:

канд. пед. наук

Н. С. Толстова

Нормоконтролер:

Н. В. Хохлова

Екатеринбург 2018

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа состоит из интерактивного манипулятора «Рука» с голосовым управлением, мобильного приложения и пояснительной записки на 58 страницах, содержащей 45 рисунков, 33 источника литературы, а также 1 приложение на 2 страницах.

Ключевые слова ИНТЕРАКТИВНЫЙ, МАНИПУЛЯТОР.

**Гончаров В. С.** Создание интерактивного манипулятора «Рука» с голосовым управлением: выпускная квалификационная работа / В. С. Гончаров; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.- пед. образования, Каф. информ. систем и технологий. — Екатеринбург, 2018. — 58 с.

В работе рассмотрены вопросы: механика движений, программирование микроконтроллеров, создание Android-приложений, моделирование 3D моделей, 3D печать с различными параметрами.

Актуальность выбора основания и использования интерактивного манипулятора определена последующим: использование информационно-коммуникативных технологий в учебной деятельности; увеличение эффективности и результативности учебного процесса, потребностью развития новейшего вида учащегося — грамотного пользователя информационных образовательных услуг. Функционал манипулятор заключается в отображение различных жестов (приветствия, прощания, отображение разжатием или сжатием названных цветов или название пальцев и показывание различных жестов, запрограммированных в микроконтроллере). Пальцы и ладонь манипулятора выполнены цветами радуги, начиная с указательного пальца; красный — указательный, средний — оранжевый, безымянный — жёлтый, мизинец — зелёный, большой палец — голубой, ладонь — синяя, запястье — фиолетовое, корпус руки — выполнен в виде рукава костюмы серого цвета.

Несмотря на все, программирование автоматизированных действий находит широкое применение в промышленности и индустрии развлечений.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Обзор технологий, средств и платформ создание роботов манипуляторов ..	8
1.1 Основные понятия и определения .....	8
1.2 Обзор моделей роботов-манипуляторов .....	11
1.3 Обзор систем, платформ управления и разработки роботов-манипуляторов.....	15
1.3.1 Виды систем управления.....	15
1.3.2 Виды плат и платформ.....	17
1.3.3 Программы для создания и разработки моделей.....	20
2 Разработка интерактивного манипулятора «Рука».....	22
2.1 Характеристики манипулятора .....	22
2.2 Структура и назначение модулей манипулятора .....	22
2.3 Обоснование выбора технологии проектирования для всех элементов проекта.....	24
2.4 Характеристики оборудования для реализации интерактивного манипулятора.....	26
2.5 Общий алгоритм реализации робота манипулятора «Рука».....	34
2.6 Описание этапов создания руки манипулятора .....	36
2.6.1 Этап эскизного проектирования.....	36
2.6.2 Разработка 3D модели .....	37
2.6.3 Этап разработки элементов дизайна проекта.....	38
2.6.4 Этап подготовки и печати моделей на 3D принтере .....	42
2.6.5 Сборка действующего прототипа (пальца) .....	45
2.6.6 Обработка деталей .....	46
2.6.7 Сборка руки манипулятора .....	47
2.6.8 Создание модуля голосового управления .....	48

2.6.9	Создание управляющей программы для микроконтроллера Arduino Nano v 3.0.....	49
2.6.10	Программирование и наладка.....	50
2.7	Калькуляция проекта.....	51
	Заключение .....	52
	Список использованных источников .....	54
	Приложение .....	58

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих веков люди создают механизмы и машины, умеющие упростить нашу жизнь, и современный человек едва ли сможет показать собственную жизнь без них. Каждый день появляются новые устройства и улучшаются имеющиеся. Подобных устройств уже огромное число, однако, бесспорно, наиболее значительным достижением человеческой идеи считаются роботы.

Робот (чеш. robot, от robota — подневольный труд, rob — раб), машина с антропоморфным (человекоподобным) действием, осуществляет функции человека (иногда животного) при взаимодействии с окружающим миром.

С формированием робототехники определились 3 типа роботов: с жёсткой программой действий; манипуляторы, управляемые человеком — оператором; с искусственным разумом (в некоторых случаях именуемые интегральными), функционирующие целенаправленно («разумно») без вмешательства человека. Большая часть нынешних роботов (абсолютно всех трёх видов) — роботы манипуляторы.

Промышленный Робот манипулятор содержит «механическую руку» (одну или несколько) и вынесенный пульт управления либо встроенное устройство программного управления, реже электронно-вычислительная машина (ЭВМ).

Манипулятор — комплекс пространственного рычажного механизма и концепции приводов, исполняющая под управлением программируемого автоматического устройства либо человека — оператора воздействия (манипуляции), подобные операциям руки человека. Промышленные роботы предусмотрены с целью замены человека. При этом решается важная общественная цель — избавление человека от работ, сопряженных с опасностями для

здоровья или с тяжелым физическим трудом, а кроме того от простых монотонных действий, никак не спрашивающих значительной квалификации. Эластичные автоматизированные производства, формируемые на базе промышленных роботов, дают возможность решать задачи автоматизации на предприятиях с обширной номенклатурой продукции при мелкосерийном и штучном производстве. Компьютерное моделирование робототехнических концепций обладает колоссальной ролью в сферах науки и техники. Большое число трудоёмкой физической работы человека на сегодняшний день заменено роботами, а компьютерные приборы, системы компьютерной математики существенно облегчили массивные расчеты и преобразования, сведя их к минимуму. Компьютерные модели применяются с целью извлечения новых познаний о моделируемом объекте или для приближенной оценки поведения математических систем, очень сложных для аналитического исследования. Компьютерное моделирование считается одним из из-за, финансовых или физических препятствий, или могут предоставить непредвиденный итог.

Актуальность выбора основания и использования интерактивного манипулятора определена последующим: использование информационно-коммуникативных технологий в учебной деятельности; увеличение эффективности и результативности учебного процесса, потребностью развития новейшего вида учащегося — грамотного пользователя информационных образовательных услуг.

**Объект** выпускной квалификационной работы — процесс создания интерактивных манипуляторов.

**Предмет** выпускной квалификационной работы — технологии создания интерактивных манипуляторов.

**Цель** выпускной квалификационной работы — создать интерактивный манипулятор «Рука» с голосовым управлением.

Исходя из поставленной цели, определены **задачи** выпускной квалификационной работы:

1. Провести аналитический обзор, существующих разработок роботов манипуляторов.
2. Повести обзор технологий, платформ и средств создания роботов манипуляторов для определения подходящих для реализации интерактивного манипулятора «Рука».
3. Описать характеристики интерактивного манипулятора «Рука» и обосновать выбор оборудования для его реализации.
4. Создать 3D модель, элементы и действующий прототип интерактивного манипулятора «Рука».
5. Разработать мобильное приложение для управления интерактивным манипулятором «Рука».



# 1 ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ, СРЕДСТВ И ПЛАТФОРМ СОЗДАНИЕ РОБОТОВ МАНИПУЛЯТОРОВ

## 1.1 Основные понятия и определения

В зависимости от системы управления манипуляторы разделяются на биотехнические (с ручным управлением), интерактивные (со смешанным управлением) и автоматические.

Манипуляционный робот (МР) предполагает собой перепрограммируемый многофункциональный манипулятор, рассчитанный с целью осуществления конкретных, предварительно заданных перемещений материалов, деталей, инструментов или специальных приспособлений с целью выполнения различных работ. Значимым компонентом МР считается сам манипулятор — прибор с целью исполнения двигательных функций, подобных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащённое рабочим органом. Согласно собственной структуре манипулятор — многозвенная машина, между отдельными элементами которой существуют механические взаимосвязи. Большая часть имеющихся на сегодняшний день МР применяют электрические двигатели с целью исполнения перемещений. С целью управления рабочим органом могут использоваться пневматические и гидравлические приводы.

В литературе приведено несколько определений манипулятора.

*Манипуляторы* (мышь, джойстик и др.) — это специализированные устройства, которые применяются с целью управления «курсором».

В толково-словообразовательном словаре русского языка *манипулятор* — это управляемое устройство для выполнения сложных действий, операций, аналогичных движениям руки человека (обычно при работе в трудных, опасных и т.п. условиях) [8]. В толковом словаре русского языка С. И. Ожегова термин *манипулятор* — это название некоторых механических

устройств для производства сложных движений, действий, аналогичных действиям руки (спец.) [19].

В зависимости от области использования могут использоваться различные схемы построения механической части манипулятора. Следует разделять структуру его «руки» и «запястья».

Интерактивный манипулятор представляет собой автоматическую машину для воспроизведения двигательных и интеллектуальных функций человека.

В разных источниках понятия интерактивный представляется по-разному. Так в Большом современном толковом словаре русского языка понятие *интерактивный* раскрывается как «использующий средства и устройства взаимодействия компьютера с пользователем; диалоговый» [4]. В словаре иностранных слов *интерактивный* — [англ. interactive < лат. Inter — между + actīvus — деятельный] — инф. относящийся к взаимодействию с компьютером, к диалогу «человек — машина» [13].

В новом словаре методических терминов и понятий *интерактивный* — основанный на взаимодействии. Применительно к процессу обучения означает наличие обратной связи между педагогом или средством обучения и учащимися [1].

В энциклопедическом словаре *интерактивный* (англ. Interactive — взаимодействующий), т.е. 1) относящийся к компьютерным системам, воспринимающим ввод команд и данных от пользователя во время работы систем; 2) диалоговый, осуществляющий взаимодействие между человеком и средством массовой информации (интерактивное телевидение) [15].

Основная конструкция «руки» представляет собой последовательность звеньев, соединённых между собой вращательными и поступательными связями.

По характеру и количеству связей можно выделить следующие категории организации пространственных перемещений:

- роботы с декартовой системой координат;

- роботы с цилиндрической системой координат;
- роботы со сферической системой координат;
- роботы с вращательной системой координат.

Интерактивные манипуляционные роботы отличаются активным участием человека в процессе управления, которое выражается в различных формах взаимодействия его с ЭВМ. Здесь также различают три разновидности управления: автоматизированное, супервизорное и диалоговое. При автоматизированном управлении простые операции робот осуществляет без управляющего воздействия со стороны оператора, а остальные при участии оператора в биотехническом режиме. Супервизорное управление различается тем, что весь оборот действий разбивается на части, выполняемые манипуляционным роботом автоматически, однако переход от одной части к другой выполняется оператором путем подачи определенных команд. При диалоговом управлении оператору и ЭВМ является вероятность совместно осуществлять решения и руководить манипулятором в сложных ситуациях.

Манипуляторы реализовывают непосредственный ввод информации, указывая курсором на экране монитора команду или место ввода данных. Манипуляторы, как правило, подключаются к последовательному порту. Применяются с целью облегчения управления компьютером (ПК). К манипуляторам относятся мышь, трекбол, графический планшет (дигитайзер), световое перо, Tachpad сенсорный экран, Roller Mouse, pointing stick, джойстик и игровые манипуляторы.

Манипуляционные роботы — основные рабочие органы многочисленных современных и перспективных промышленных и специальных робототехнических комплексов. МР различаются существенным многообразием. Для них характерно постоянное расширение области применения и спектра выполняемых операций, постоянное усложнение решаемых задач. Примером могут служить МР для работы на создаваемой в настоящее время Международной Космической Станции (МКС) (манипуляторы SSRMS, JEMRMS, ERA). Последний из них (ERA) предназначен для работы на Российском

Сегменте (РС) МКС. Космические роботы призваны решать самые разнообразные задачи сборки и обслуживания МКС, транспортировки полезных грузов и космонавтов, проведения ремонтных работ и экспериментов на поверхности МКС и т.д. Многочисленные примеры МР разных типов и для разных условий применения можно привести и по наземным МР, МР для экстремальных сред и т.д.

Манипуляционные роботы содержат многозвенные пространственные исполнительные механизмы (ИМ) со многими степенями подвижности, системы следящих приводов, системы управления приводами и представляют собой сложные многомерные динамические системы.

Эффективность МР в существенной степени зависит от качества управления ими. Обеспечить высококачественное управление возможно только лишь при адекватном учете динамических свойств МР как на этапах проектирования, так и при эксплуатации МР.

## **1.2 Обзор моделей роботов-манипуляторов**

В настоящее время существует много различных разработок манипуляторов подражающих человеческой руке. Они нашли широкое применение в жизни для протезирования, управление различными агрегатами и перемещения объектов.

Не перестают удивлять исследования в области новых протезов, подключенных к нейронным сетям человека и управляемых с помощью сигналов мозга. В недалеком будущем возможно, что очень скоро механические руки и ноги с нейроинтерфейсом, упростят жизнь многим людям, с отсутствующими конечностями (рисунок 1).

Кроме того, упражнения с такими приборами являются эффективным способом реабилитации пациентов, парализованных вследствие болезней или травм. Ведь, посылая мысленные сигналы специальным манипуляторам, они снова учатся управлять собственным телом.

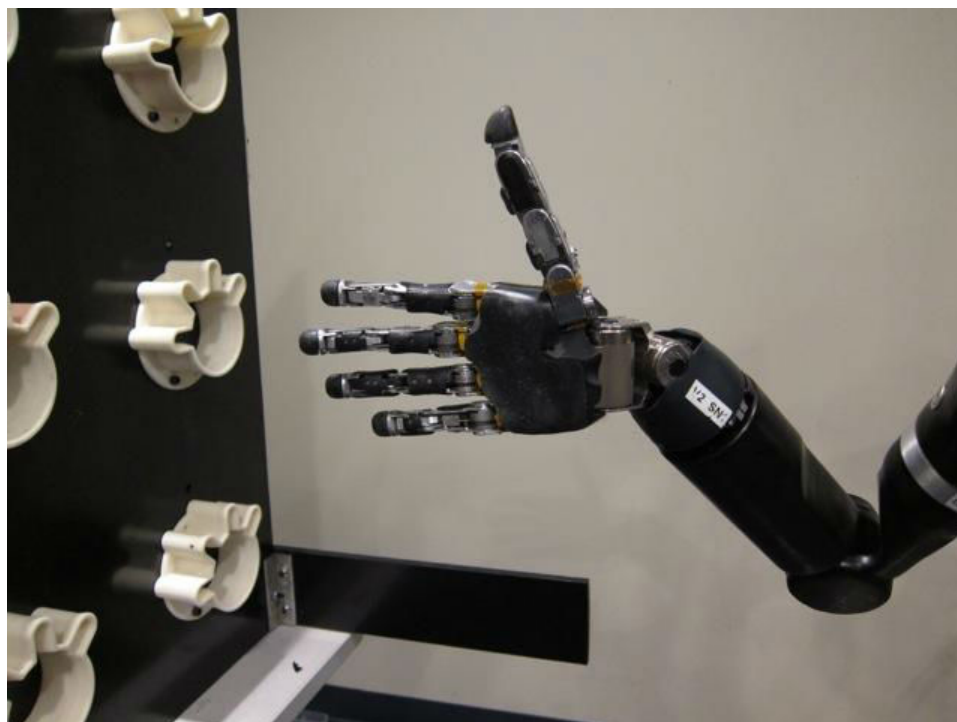


Рисунок 1 — Новый манипулятор с нейроинтерфейсом обладает десятью степенями свободы (фото Journal of Neural Engineering)

Пример движений и возможности манипулятора с нейроинтерфейсов приведён ниже на (рисунок 2).

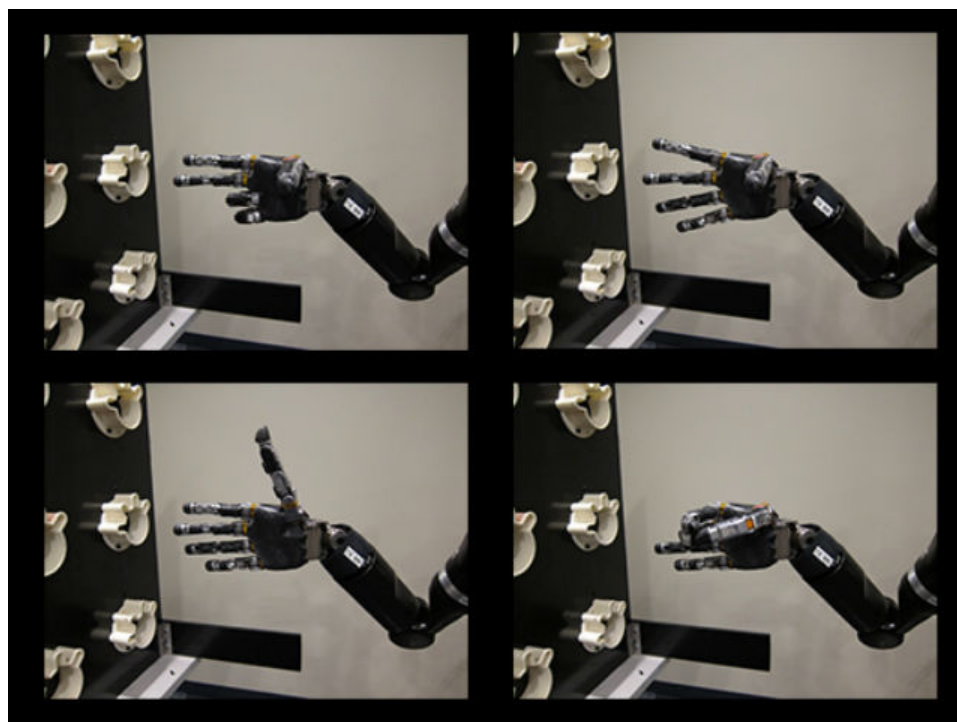


Рисунок 2 — Демонстрация возможностей манипулятор с нейроинтерфейсом (фото Journal of Neural Engineering)

Человек всегда хотел создать механическую замену себе. Для этого сейчас разрабатываются и придумываются различные экзо скелеты, роботы, манипуляторы. В различных областях человеческой жизни широко используются манипуляционные роботы (МР). Их применение позволяет повысить производительность технологических процессов, устранить присутствие людей на опасных участках, проводить операции в агрессивных средах. Манипуляционный робот представляет собой перепрограммируемый многофункциональный манипулятор, предназначенный для осуществления определенных, заранее заданных перемещений материалов, деталей, инструментов или специальных приспособлений с целью выполнения различных работ. Важным компонентом МР является сам манипулятор — устройство для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащённое рабочим органом. По своей структуре манипулятор — многозвенная машина, между отдельными элементами которой существуют механические связи. Большинство существующих в настоящее время МР используют электрические двигатели для выполнения перемещений. Для управления рабочим органом могут использоваться пневматические и гидравлические приводы. В зависимости от области применения могут использоваться различные схемы построения механической части манипулятора. Следует разделять структуру его «руки» и «запястья». Основная конструкция «руки» представляет собой последовательность звеньев, соединённых между собой вращательными и поступательными связями. По характеру и количеству связей можно выделить следующие категории организации пространственных перемещений: роботы с декартовой системой координат, роботы с цилиндрической системой координат, роботы со сферической системой координат, роботы с вращательной системой координат. Также существует много более простых модели манипуляторов, в виде руки которым можно отнести к игрушкам или комплектующим для создания роботов (рисунок 3).



Код: 1063112

Поделки 5dof робот пять пальцев металла рука манипулятора левой и правой рукой QDS-1601

Этот товар на сайте компании

Под заказ, 14 дней

Бесплатная доставка

**2 048 грн.**

Оптовые цены

Купить

+380 показать номер

Чат с продавцом

Добавить в избранное

Ваш телефон

Купить в 1 клик

Рисунок 3 — Металлическая рука манипулятор

Работы по созданию руки манипулятора, которые представлены в интернете. Много существует моделей для 3D печати с механическим управлением, а также есть модели с управлением при помощи электроники. Пример телеуправляемый манипулятор, повторяющий жесты руки человека (рисунок 4).

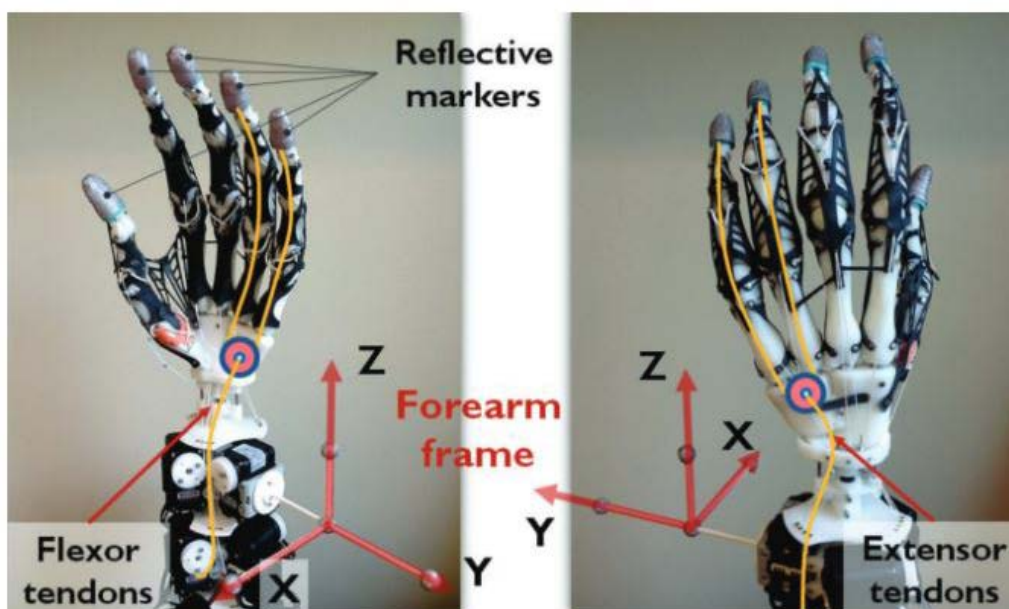


Рисунок 4 — Телеуправляемый манипулятор

Недостатками всех этих манипуляторов является их сложность производства и большая стоимость.

Достоинством же является большая степень возможных движений (манипуляций) и применений в разных проектах.

### **1.3 Обзор систем, платформ управления и разработки роботов-манипуляторов**

#### **1.3.1 Виды систем управления**

Манипулятор может быть различных систем управления: гидравлическая, воздушная, электрическая. Пример гидравлических манипуляторов всем известные экскаваторы, краны и т.д. Промышленные роботы могут быть основаны на любом из выше перечисленных систем управления.

Пример игрушка — конструктор гидравлический робот — манипулятор (рисунок 5).



Рисунок 5 — Гидравлический манипулятор (Hydraulic Robot Arm)

Этот конструктор гидравлического робота-манипулятора в виде роботизированной клешни, которая способна поднимать и перемещать предметы весом до 50 грамм.



Роботы манипуляторы — укладчики, используются для складирования и перемещение разных деталей. Пример использования перемещения радиодеталей при создании печатных плат (рисунок 6).



Рисунок 6 — Промышленные роботы

Из конструктора LEGO, можно создать робот-манипулятор. Используя блок управления Mindstorm NXT (рисунок 7).

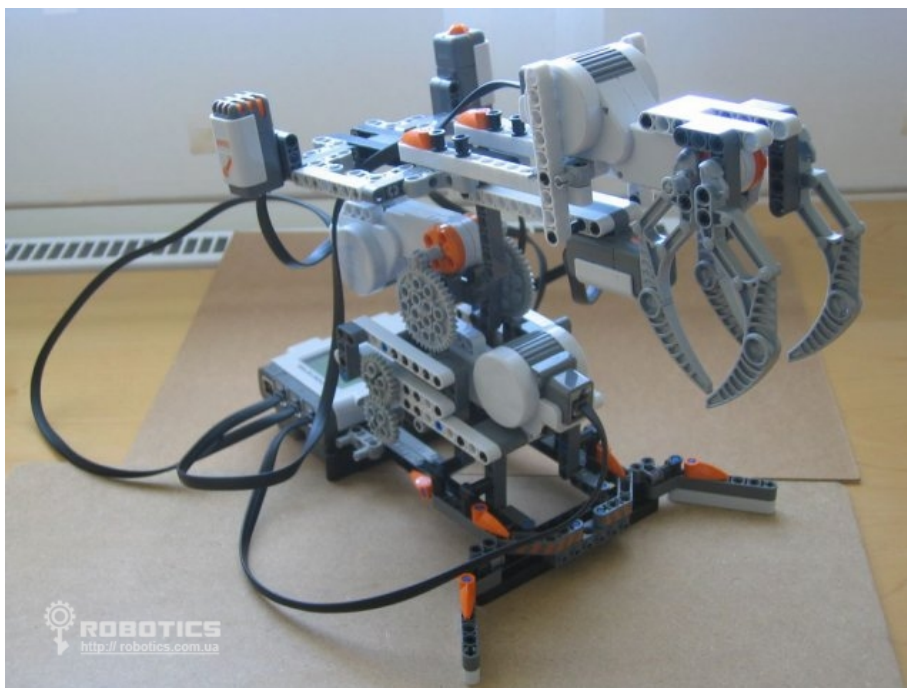


Рисунок 7 — Роботизированная рука на базе LEGO Mindstorm NXT

Манипулятор uArm — открытый проект манипулятора под управлением Arduino. Это четырех-осевой механизм робота-манипулятора с параллельным механизмом, вдохновленный промышленным роботом ABB PalletPack IRB460 (рисунок 8).



Рисунок 8 — uArm манипулятора под управлением Arduino

Всех этих роботов — манипуляторов объединяет одно, они имеют систему управления. Для промышленных роботов используются специальные микроконтроллеры, процессоры и компьютеры, позволяющие обрабатывать информацию для движений. Для самоделок и любительских манипуляторов и роботов в основном используется недорогие платы управления Arduino, Stm32, Raspberry Pi.

### 1.3.2 Виды плат и платформ

Существует несколько версий платформ Arduino. Последняя версия Leonardo базируется на микроконтроллере ATmega32u4. Uno, как и предыдущая версия Duemilanove построены на микроконтроллере Atmel ATmega328. Старые версии платформы Diecimila и первая рабочая Duemilanoves были разработаны на основе Atmel ATmega168, более ранние версии использовали ATmega8. Arduino Mega2560, в свою очередь, построена на микроконтроллере ATmega2560.

На сегодняшний день в мире присутствует много видов плат и платформ разной архитектурой (Advanced Virtual RISC (AVR), STM32, Raspberry Pi, компьютеров) (рисунок 9, рисунок 10 и рисунок 11) и стоимостью. AVR — существует несколько трактовок данной аббревиатуры. Кто-то утверждает, что это Advanced Virtual RISC, другие полагают, что не обошлось здесь без Alf Egil Bogen Vegard Wollan RISC.

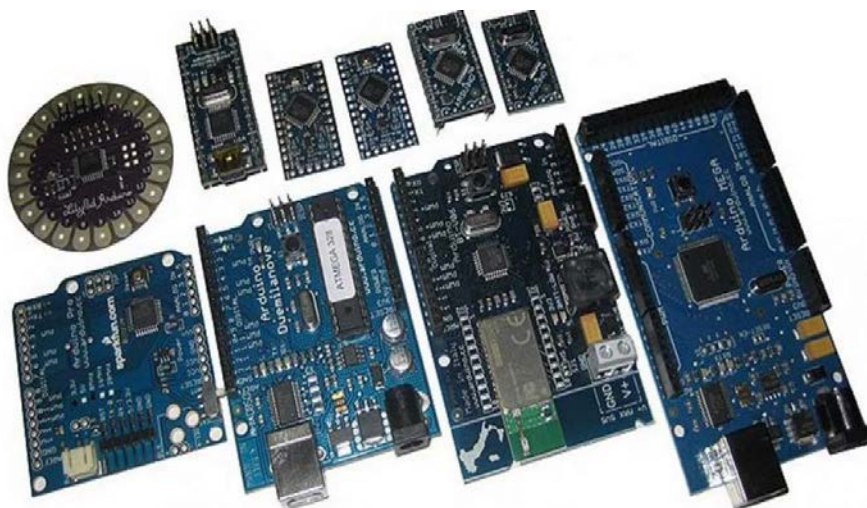


Рисунок 9 — Платы Arduino

STM32 — семейство 32-битных микроконтроллеров производства STMicroelectronics. Чипы STM32 группируются в серии, в рамках каждой из которых используется одно и то же 32-битное ядро Advanced RISC Machine (ARM); иногда — Acorn RISC Machine (ARM) — семейство лицензируемых 32-битных и 64-битных микропроцессорных ядер разработки компании ARM Limited. например, Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ или Cortex-M0.

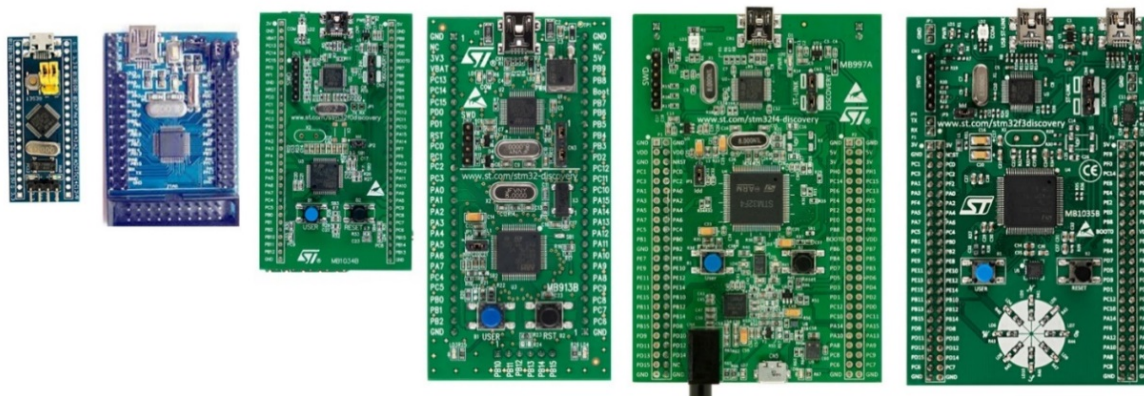


Рисунок 10 — Платы STM32



Ведь даже самый слабый процессор STM32 всё равно во много раз мощнее привычных AVR (Arduino) и Programmable Interrupt Controller (PIC), а стоит даже дешевле. Более того, здесь есть модули CRC, аналоговые компараторы и контроллер сенсорных кнопок.

Raspberry Pi — миниатюрный одноплатный компьютер в формате кредитной карты с возможностями большого ПК, изначально созданный для обучения базовым компьютерным наукам в школах. Может делать все, что умеет большой персональный компьютер, но помещается в 4 спичечных коробка.

Для разработки и создания различных роботов, манипуляторов, умных устройств. Все они обладают разными достоинствами и недостатками начиная от размеров и заканчивая сложностью программирования. Также существует большое количество программ для разработки и программирования этих плат. Чтобы преобразовать исходный текст программы в файл прошивки микроконтроллера, применяют компиляторы.

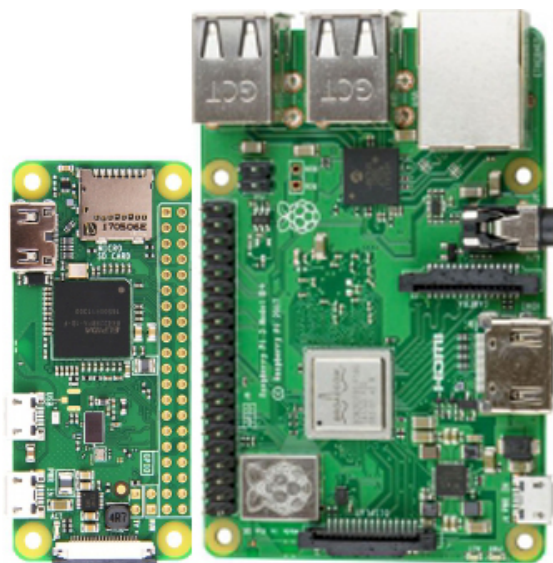


Рисунок 11 — Платы Raspberry Pi

Фирма Atmel предоставляет мощный компилятор ассемблера, который входит в среду разработки Atmel Studio, работающую под Windows. Наряду с компилятором, среда разработки содержит эмулятор и отладчик.

Atmel Studio совершенно бесплатна и доступна на сайте Atmel.

В настоящее время представлено достаточно много компиляторов Си для AVR. Самым мощным из них считается компилятор фирмы IAR Systems из Стокгольма. И множество других таких как Американской фирмой Image Craft выпускается компилятор языка Си, получивший достаточно широкую популярность. JumpStart C for AVR имеет приемлемую оптимизацию кода и демократичную цену (начиная от \$50 до \$499 в зависимости от версии). Поистине, культовой стала интегрированная среда разработки WinAVR. Она включает мощные компиляторы Си и ассемблера, программатор AVRDUDE, отладчик, симулятор и множество других вспомогательных программ и утилит. WinAVR прекрасно интегрируется со средой разработки AVR Studio от Atmel.

Наибольшую популярность получила среда разработки и отладки Arduino IDE. За свою простоту и неприхотливость в использовании, ещё главным достоинством является ее абсолютная бесплатность и большое количество плат. Разработанных для неё и поддерживаемых этой средой разработки в том числе STM32.

### **1.3.3 Программы для создания и разработки моделей**

3D-моделирование представляет собой процесс использования программного обеспечения для создания и представления математического трехмерного объекта или формы. Созданный объект называется 3D моделью. Для этого используются различные программы. Такие трехмерные модели используются в различных отраслях. В настоящий момент представлено большое количество специализированных программ В архитектурной, строительной, кинопроизводстве, телевидении, в видеоиграх, научной и медицинской отраслях, а также при проектировании изделий 3D модели используются для визуализации и моделирования графики. 3D Max, Blender 3D, SketchUp, AutoCAD , Inventor, SolidWorks. Только с появлением современных средств трехмерного параметрического моделирования возникли реаль-

ные предпосылки для построения единой интегрированной системы, в которой могли бы полноценно работать как конструкторы, так и дизайнеры. САПР (Система автоматизированного проектирования) SolidWorks предлагает пользователю полноценные инструменты для гибридного параметрического моделирования, которые в сочетании с удобным пользовательским интерфейсом делают работу в системе творческим занятием. В SolidWorks одинаково удачно реализованы инструменты и конструктора, и дизайнера. Объемные построения можно выполнять самыми разными способами, сочетая твердотельное и поверхностное моделирование, указывая точные размеры или изменяя форму объектов на глаз. Убедительным примером могут послужить изделия, спроектированные в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks, которые были представлены на выставках SolidWorks World и промо-роликов.

Программа SolidWorks — для конструкторского твердотельного и поверхностного параметрического моделирования. создание параметрической модели, генерация чертежей, создание сборок, использование стандартных библиотек элементов.

## **2 РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО МАНИПУЛЯТОРА «РУКА»**

### **2.1 Характеристики манипулятора**

Манипулятор должен представлять вид руки человека с подвижными суставами пальцев и кисти. Выполнен из легких материалов и иметь различную окраску различных частей (пальцев, ладони, запястья). Быть энергоавтономным, с возможностью управления и программирования с Android-приложения и ПК. Быть ремонтпригодным и состоять из недорогих комплектующих.

Иметь Android-приложение голосового управления. Распознавать голосовые команды и выполнять запрограммированные команды. Реагировать на названия пальцев, цветов, счет, выполнять команды (приветствия и т.д.).

В настоящее время в век компьютерных технологий, когда уже создано много голосовых помощников (Алиса, Google, Amazon Alexa). Голосовое управление все чаще и чаще входит в нашу жизнь и нам нужно уметь взаимодействовать с ним. Для этого и был создан этот манипулятор для наглядной демонстрации возможности голосового управления.

При небольшой модернизации манипулятора возможно его использование в виде сурдопереводчика, протеза, развивающей игрушки (изучение цветов, счета, развитие речи.) и много еще в каких социальных проектах можно найти применение этой работе.

### **2.2 Структура и назначение модулей манипулятора**

Интерактивный манипулятор состоит из двух блоков: собственно, сам манипулятор «Рука» (движение ладони, сгибание разгибание пальцев в заданном диапазоне (реагирование на голосовые команды)) и мобильное при-

ложение под управлением операционной системы Android для распознавание голосовых команд, интерпретации и отправки по Bluetooth манипулятору.

Целью данной работы является разработка кинематической схемы трехстепенного манипулятора и построение трёхмерной модели его конструкции, моделирование компьютерной динамической модели манипулятора, выполнить анализ движения модели робота при различных условиях, определить некоторые характеристики робота на основе моделирования, проектирование отдельных деталей и изготовление их при помощи 3D печати, сборка робота, разработка системы управления манипулятором на основе Arduino. Функционал манипулятор заключается в отображение различных жестов (приветствия, прощания, отображение разжатием или сжатием названных цветов или название пальцев и показывание различных жестов, запрограммированных в микроконтроллере). Пальцы и ладонь манипулятора выполнены цветами радуги, начиная с указательного пальца; красный — указательный, средний — оранжевый, безымянный — жёлтый, мизинец — зелёный, большой палец — голубой, ладонь — синяя, запястье — фиолетовое, корпус руки — выполнен в виде рукава костюма серого цвета (рисунок 12).



Рисунок 12 — Рука манипулятор



Функционал интерфейса Android-приложения заключается в двух кнопках на экране устройства. Первая кнопка предназначена для создания соединения устройства по Bluetooth с микроконтроллером манипулятора, вторая кнопка на экране устройства предназначена для ввода голосовых команд (рисунок 13).



Рисунок 13 — Интерфейс Android-приложения

Интерфейс приложения выполнен в простом классическом стиле, так как основная функция его заключается в распознавание команд. Для эргономичности кнопка распознавания голосовых команд выполнена в довольно большом размере.

### **2.3 Обоснование выбора технологии проектирования для всех элементов проекта**

Для создания и разработки манипулятора была выбрана программа SolidWorks.

В настоящее время существует много программ которые позволяют разрабатывать и проектировать любые модели, например, AutoCAD, SolidWorks, 3D Max, существует много онлайн программа для разработки и проектирования моделей. Выбор остановился на SolidWorks, так как она является программа для твердотельного моделирования и позволяет сохранять модель детали в любом нужном формате подходящих для 3D печати, также в SolidWorks можно посмотреть механику движения всех частей модели и просчитать нужные элементы и взаимодействия их.

Для изготовления манипулятора использовался самодельный 3D принтер, который был разработан в SolidWorks. Программное обеспечение для принтера было выбрано Repetier-Host, так как она является в первую очередь бесплатным и с открытым кодом, что очень удобно для модернизации и добавление нужных функции и настроек. Для обработки 3D моделей и перевода в формат для 3D принтера пользовалась программой слайсер simplify3d, которая является платной данный момент и считается одной из лучших для слайсинга программ. За время эксплуатации она показала себя как самая корректная программа для обработки 3D моделей и подготовки модели для 3D печати.

Для создания Android-приложения использовалась программа MIT App inventor, её выбор был обоснован тем, что она является средой визуальной разработки Android приложений, требующая от пользователя минимальных знаний программирования и не надо знать синтаксис языка Java для создания приложения. Любой даже ребёнок сможет создать или изменить приложение созданная для Android телефона в MIT App inventor.

Для управления манипулятором был использован микроконтроллер Arduino nano. Его выбор был обоснован маленькими размерами и простотой программирования. Для его программирования была использована среда разработки Arduino IDE. Язык программирования устройств Arduino основан на C/C++. Он прост в освоении и на данный момент Arduino — это, пожалуй, самый удобный способ программирования устройств на микроконтроллерах.

В среда разработки Arduino IDE присутствует много различных библиотек, которые помогают при создании программа для программирования микроконтроллеров.

## **2.4 Характеристики оборудования для реализации интерактивного манипулятора**

В проекте использовалось оборудование: понижающий модуль питания для питания микроконтроллера (рисунок 14).

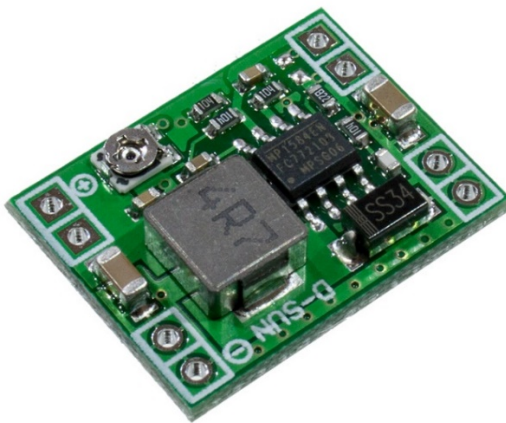


Рисунок 14 — Модуль питания, понижающий преобразователь на LM2596

К основным характеристикам модуля питания direct current (DC) — DC (постоянный ток) понижающего преобразователя на LM2596:

- входное напряжение 4,5–28 В;
- выходное регулируемое напряжение 0.8–20 В;
- выходной ток 3 А;
- рабочая частота 1 МГц;
- эффективность 96 %;
- рабочая температура –40 С – +85 С;
- размер: 22 x 17 x 4 мм.

Для питания манипулятора используются аккумуляторные батареи Sanyo NCR18650BF 3400 мАч 3.6 В (рисунок 15).



Рисунок 15 — Аккумулятор Sanyo NCR18650BF 3400 мАч 3.6 В

Аккумулятор Sanyo NCR18650BF 3400 мАч 3.6 В обладают следующими техническими характеристиками:

- производитель Sanyo (Япония);
- типоразмер NCR18650BF;
- номинальная емкость 3350 мАч (при токе 0,3 С);
- минимальная емкость 3250 мАч;
- напряжение номинальное 3,6 В;
- максимальное напряжение 4,2 В;
- минимальное напряжение 2,5 В;
- максимальный ток заряда 1,6 А;
- максимальный ток разряда 6,8 А;
- плата защиты присутствует;
- размер;
- диаметр (+−0,2 мм) 18,6 мм;
- длина (+−0,2 мм) 69,2 мм;
- вес: 49 гр.

Для управления сервомоторами манипулятора был выбран микроконтроллер Arduino (рисунок 16).

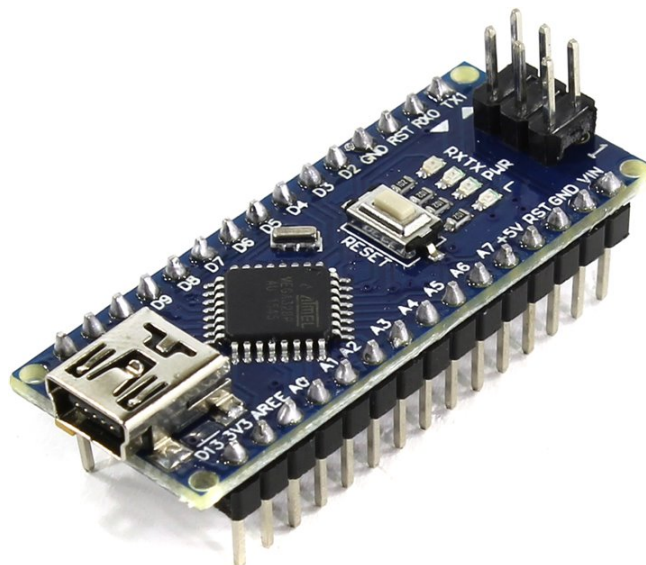


Рисунок 16 — ATmega328 (Arduino Nano V3.0)

С характеристиками:

- микроконтроллер Atmel ATmega328;
- рабочее напряжение (логический уровень) 5 В;
- входное напряжение (рекомендуемое) 7–12 В;
- входное напряжение (предельное) 6–20 В;
- цифровые Входы/Выходы 14 (6 из которых могут использоваться как выходы Широтно-Импульсной Модуляции (ШИМ));
- аналоговые входы 8;
- постоянный ток через вход/выход 40 мА;
- флеш — память 32 Кб (ATmega328) при этом 2 Кб используются для загрузчика;
- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) 2 Кб (ATmega328);
- Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (EEPROM) 1 Кб (ATmega328);
- тактовая частота 16 МГц.

Для передачи данных от Android устройства к микроконтроллеру Arduino был выбран Bluetooth модуль (рисунок 17).



Рисунок 17 — Bluetooth модуля HC-05

С техническими характеристиками Bluetooth модуля HC-05:

- протокол связи bluetooth specification v2.0+edr;
- частота GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying);
- мощность отправки  $\leq 4$  dBm, Class 2;
- мощность приема  $\leq -84$  dBm at 0.1% BER;
- скорость асинхронная 2.1 Mbps(Max) / 160 kbps, синхронная 1 Mbps/1 Mbps;
- безопасность Authentication and encryption;
- профиль Bluetooth serial port;
- питание +5VDC 50 мА;
- рабочие температуры  $-20 \sim +75$  C;
- размеры 26.9 мм x 13 мм x 2.2 мм.

Подключение Bluetooth модуля HC-05 к Arduino:

- STATE — сюда дублируется сигнал с встроенного светодиода, когда модуль активен светодиод мигает, когда связь установлена — горит;
- RXD — на этом пине модуль принимает данные (то есть в вашем скетче сюда надо отсылать данные);
- TXD — сюда модуль отправляет данные;
- GND — земля;
- VCC — питание 5 В;

- EN — вкл/выкл, если подать сюда логическую единицу (или просто 5 В), то модуль выключится, если логический ноль (или просто не подключать этот пин) будет работать.

Для движения пальцев ладони руки манипулятора выбраны серводвигатели (рисунок 18).



Рисунок 18 — Серводвигатель SG90

Серводвигатель SG90 analog servo — это аналоговый серводвигатель с крутящим моментом 1.8 кг. см при напряжении 4.8 В и диапазонов вращения 180°, идеально подходит для робототехники.

Характеристики серводвигателя SG90:

- диапазон вращения: 180°;
- напряжение питания: 4.8...6 В;
- крутящий момент: 1.8 кг. см при 4.8 В;
- скорость вращения: 60 за 0.12 сек при 4.8 В;
- внутренний интерфейс: аналоговый;
- направление: CCW (против часовой стрелки);
- материал шестерней: нейлон;
- материал корпуса: пластик;

- длина проводов: 25 см;
- габариты:  $23 \times 12.2 \times 29$  мм;
- вес: 9 г.

Для съемки видео-, фото- материала и управления манипулятором с помощью мобильного приложения использовался телефон с операционной системы Android (рисунок 19).



Рисунок 19 — Sony Xperia Z2

Основные технические характеристики Sony Xperia Z2:

- тип — смартфон;
- операционная система — Android;
- версия — 4.4.2.

Процессор Qualcomm Snapdragon 801:

- частота — 2300 МГц;
- оперативная память — 3072 МБ;
- флэш-память — 16384 МБ.

Экран:

- диагональ — 5.2;
- разрешение — 1920 x 1080;
- цветопередача — 16 млн. цветов;
- цифровая камера;
- фотокамера — 20.7 млн. пикс.

Питание:

- время в режиме работы — 13.5 ч;
- время в режиме ожидания — 880 ч.



Компьютер с операционной системой Windows 8.1 (рисунок 20) использовался для создания 3D модели манипулятора в SolidWorks 2016. Написание приложения для Android телефона и программирование микроконтроллера Arduino Nano. Также на компьютере производилась подготовка моделей в программе Simplify3d для печати на 3D принтере.



Рисунок 20 — ASUS ROG G750JM

Краткие характеристики:

- операционная система — Microsoft Windows 8.1;
- процессор:
  - производитель — Intel;
  - модель — Core i7-4700HQ;
  - тактовая частота (МГц) — 2400;
- память — объем (МБ): 16384.

Для печати 3D моделей доля руки манипулятор был использован 3D принтер, разработанный и изготовленный самостоятельно (рисунок 21).

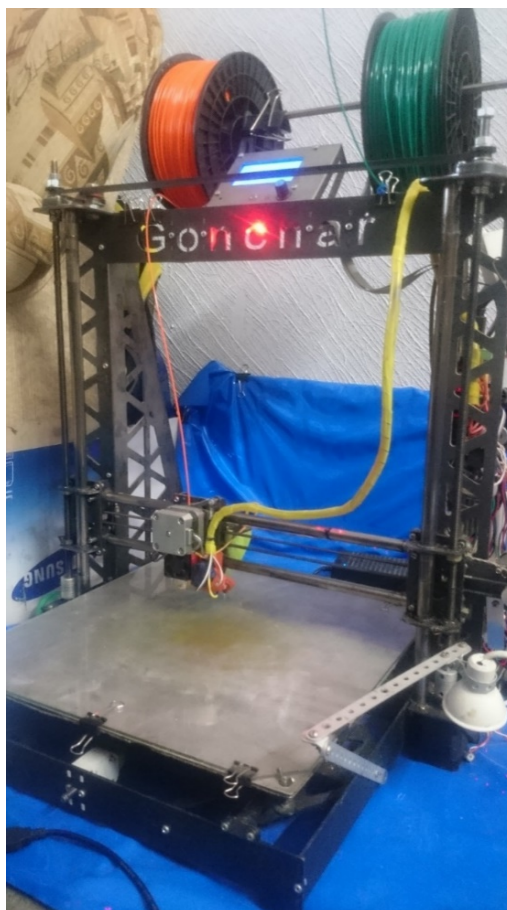


Рисунок 21 — 3D принтер

#### Технические характеристики 3D принтера PRUSA I3 GONCHAR:

- технология печати: моделирование моделирование методом наплавления fused deposition modeling (FDM);
- количество печатающих головок — 1;
- диаметр сопла (мм) — 0,4;
- область построения, мм:320x320x300;
- толщина слоя (мм) — 0,06–0,3;
- скорость печати — 40–60 мм/сек;
- платформа — подогреваемая;
- интерфейсы — Card Reader, USB;
- дисплей — да.

#### Габариты:

- размеры (мм): 550 x 500 x 650;
- вес (кг):15.

Расходные материалы для 3D принтера PRUSA I3 GONCHAR:

- типы материалов — пластик;
- материалы: акрилонитрилбутадиенстирол — Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) — пластик, полилактид — polylactide (PLA) — пластик;
- диаметр нити (мм) — 1,75.

Программное обеспечение для работы 3D принтера PRUSA I3 GONCHAR: Simplify3d, Cura Software, Slic3r, Repetier, Kisslicer.

## **2.5 Общий алгоритм реализации робота манипулятора «Рука»**

Создание робота-манипулятора осуществлялось в десять этапов.

На первом этапе необходимо было представить кинематику, механику, электронику и программное обеспечение, которое подойдет для создания робота-манипулятора. Чтобы электроника была маленького размера и недорогой себестоимости и в случае поломки можно было легко заменить. Требования к механической части тоже были основаны на простоте, чтобы было как можно меньше сложных механических элементов. Было принято решение повторить принцип работы человеческой руки на сухожилиях. Для чего вместо сухожилий была использована капроновая нить, которая впоследствии была заменена леской.

На втором этапе создавалась 3D модель руки и моделирование всех элементов электроники и механики. Для этого использовала специализированная программа SolidWorks, которая с легкостью позволила воплотить идеи и мысли в реальную модель и провести механический анализ движения всех элементов.

Третий этап — этап разработки элементов дизайна проекта. Необходимо продумать внешний вид модели и функционал манипулятора. Также визуально понять, как будет выглядеть манипулятор с выбранными цветами элементов.

На четвертом этапе происходит подготовка к печати деталей манипулятора руки на 3D принтере. Для этого был использован самодельный 3D принтер под управлением программой repetier host. Для перевода stl модели в g-code использовался слайсер simplify3d. Выбор этих программ был обусловлен тем что они являются лучшими для управления и обработки на данный момент из доступных. Печать деталей производилась ABS пластиком разных цветов слоем 0,2 мм и стало одним из самых продолжительных этапов создания манипулятора.

На пятом этапе — сборка действующего прототипа. Для проверки работоспособности собрать часть манипулятора и проверить верность концепции.

На шестом этапе происходит обработка деталей. Доведение все деталей манипулятора до пригодного сборочного состоя. Доводка напильником, наждачной бумагой, обработка парами растворителя для придания гладкости и прочности.

На седьмом этапе идет сборка и наладка механической части руки манипулятора. Сборка деталей суставов пальцев (установка подшипников). Сборка и установка сервомоторов, сборка корпуса, подключение всех электрических компонентов: модули питания, управление (Bluetooth модуля), аккумуляторов, серводвигателей, доводка деталей при необходимости.

Восьмой этап — этап создания Android-приложения для голосового управления рукой манипулятор. Приложение было разработано или реализовано в программе MIT App inventor2.

На девятом этапе разработка и создание управляющие программы для микроконтроллера манипулятора (Arduino nano). Для этого использовалась среда разработки Arduino IDE (основанная на C/C++).

Десятый этап — программирование и отладка руки манипулятора, тестирование и отладка. Поиск багов и ошибок (подключения и настроек). Проверка работоспособности.

## 2.6 Описание этапов создания руки манипулятора

### 2.6.1 Этап эскизного проектирования

Первый этап проекта — осмысление механики движения и управления, для использованных компонентов. Анализ и подбор модулей управления, движения и программного обеспечения для создания манипулятора, и программного обеспечения. Создание эскизов (рисунок 22).

Создания манипулятора был расчёт и осмысление кинематики, механики, электроники и программного обеспечения которая подойдет для нашего проекта. Чтобы электроника была маленького размера и недорогой себестоимости и в случае поломки можно было легко заменить. Требования к механической части тоже были основаны на простоте, чтобы было как можно меньше сложных механических элементов. Было принято решение повторить принцип работы человеческой руки на сухожилиях. Для чего вместо сухожилий была использована капроновая нить, которая впоследствии была заменена леской.

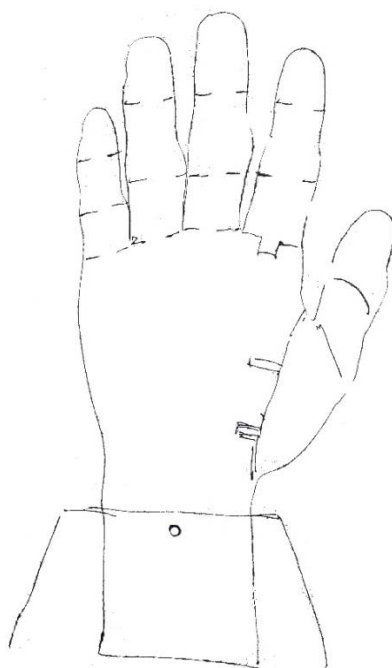


Рисунок 22 — Эскиз руки манипулятора

Разработка подключений электрической принципиальной схемы, подключение сервомоторов и Bluetooth модуля (рисунок 23).

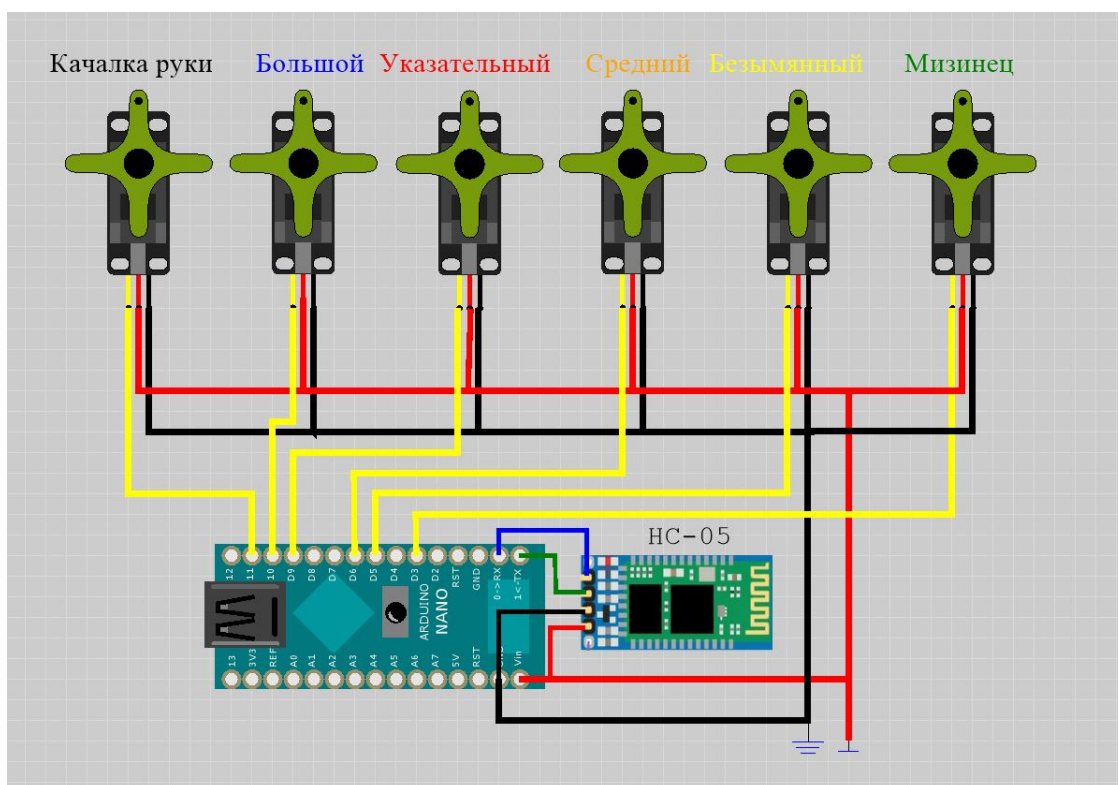


Рисунок 23 — Схема подключение сервомоторов и Bluetooth модуля

На осмысление, расчёт примерный механики движения, создание эскизов, разработку принципиальной электронной схемы для управления манипулятором примерно было затрачено около 30 часов.

### 2.6.2 Разработка 3D модели

Вторым этапом задачи будет — создание 3D модели руки и всех компонентов, таких как подшипники, сервомоторы и элементы использованных в проекте, в программе SolidWorks. Пример смоделированных элементов (рисунок 24, рисунок 25). Создана сборка из смоделированных элементов для осмысления внутренней компоновки и расположения внутри руки-манипулятора.

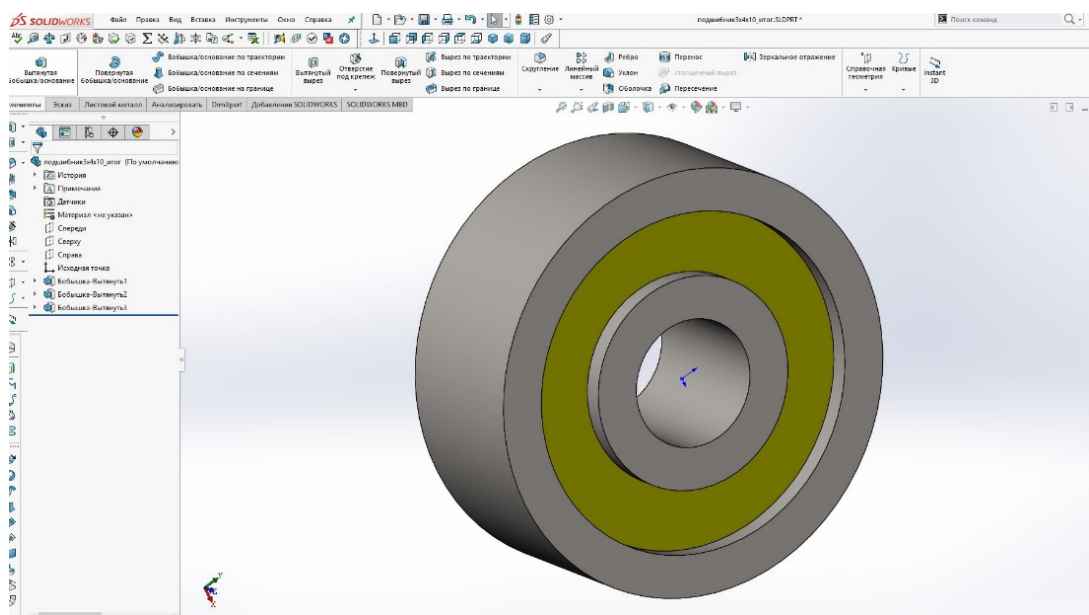


Рисунок 24 — Моделирование подшипника в программе SolidWorks

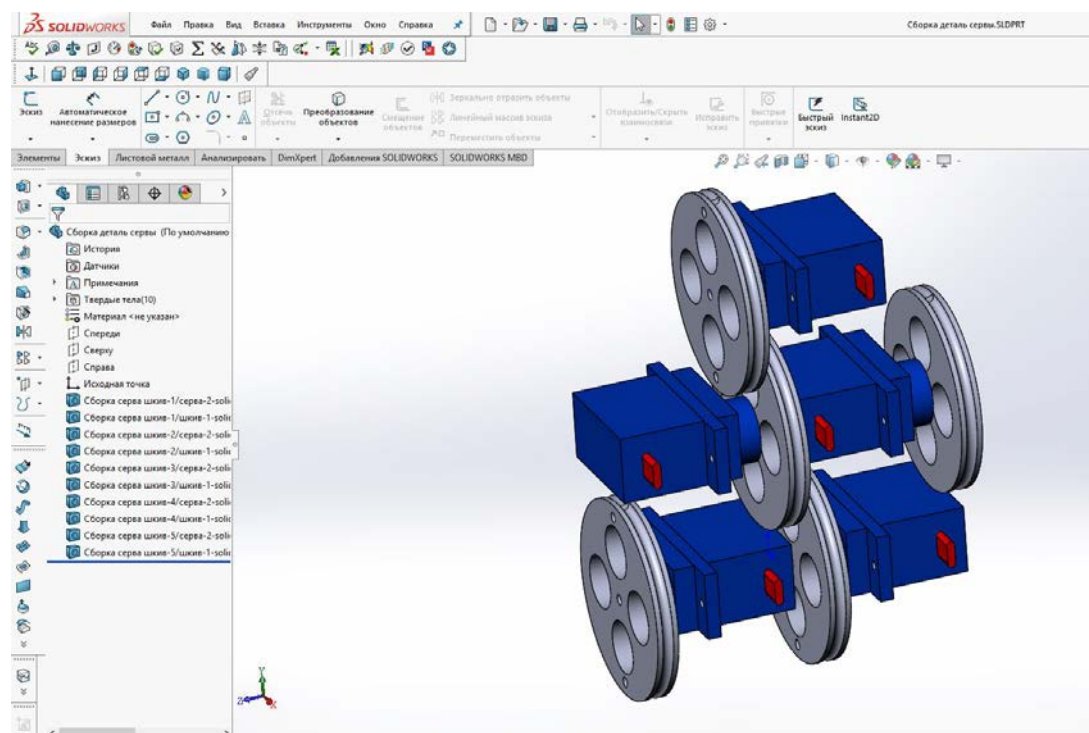
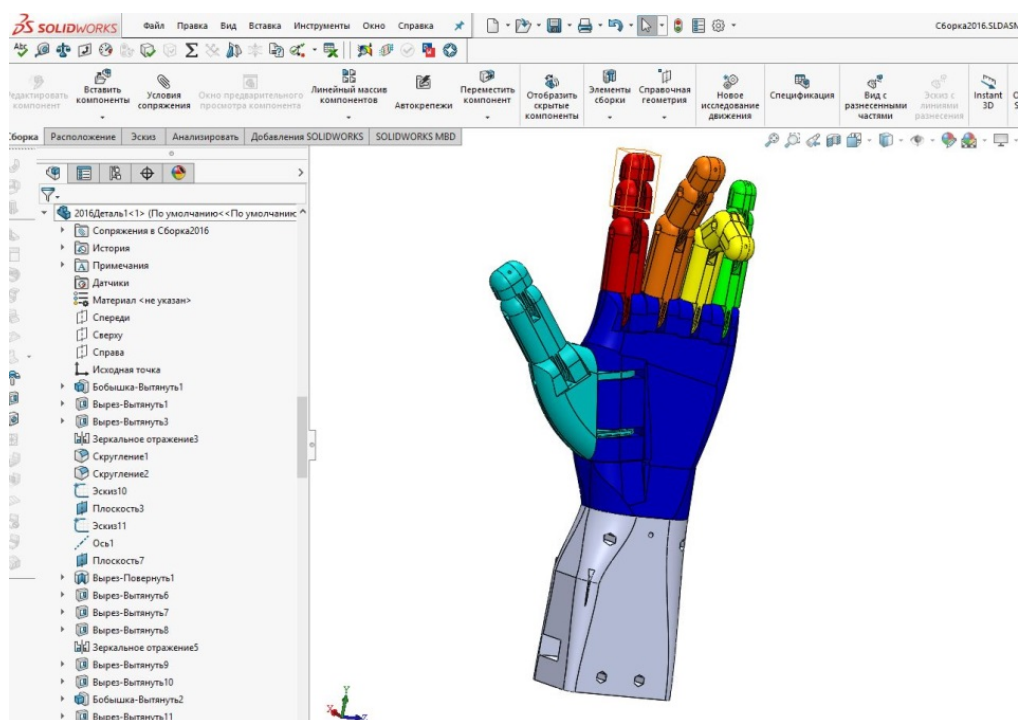


Рисунок 25 — Моделирование, сборка сервомоторов SolidWorks

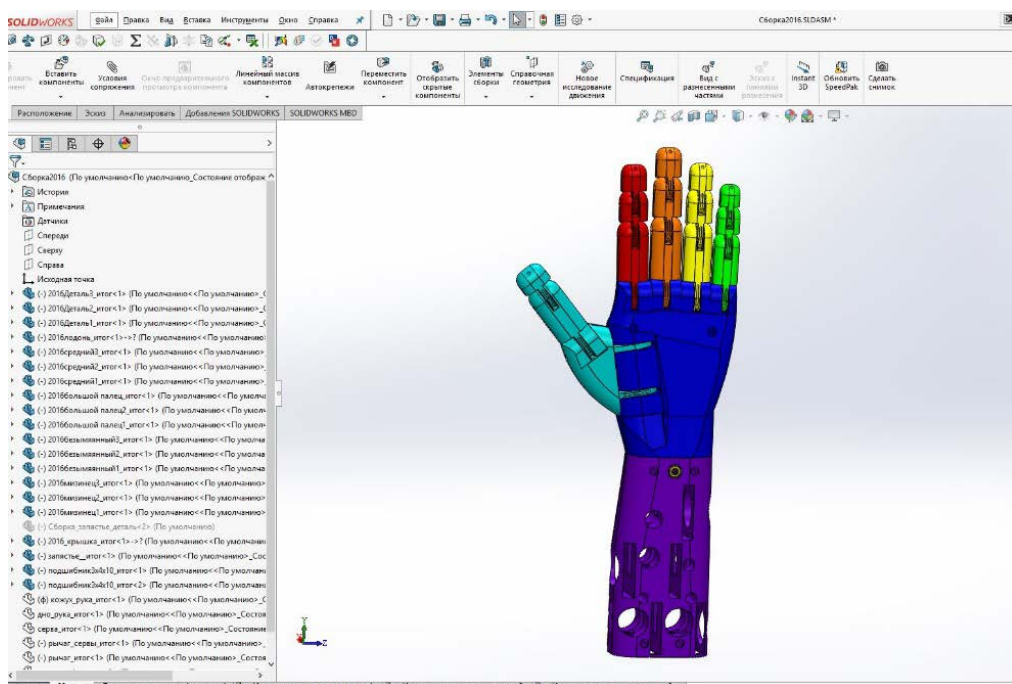
### 2.6.3 Этап разработки элементов дизайна проекта

Была осмыслена цветовая гамма элементов и конструкции запястья (рисунок 26).





Внесение изменений в конструкцию запястья и выбор другого цвета детали (рисунок 27).



При разработке кожух (рукав) руки-манипулятора (рисунок 28), при рассмотрении движения в SolidWorks, оказался не работоспособным.



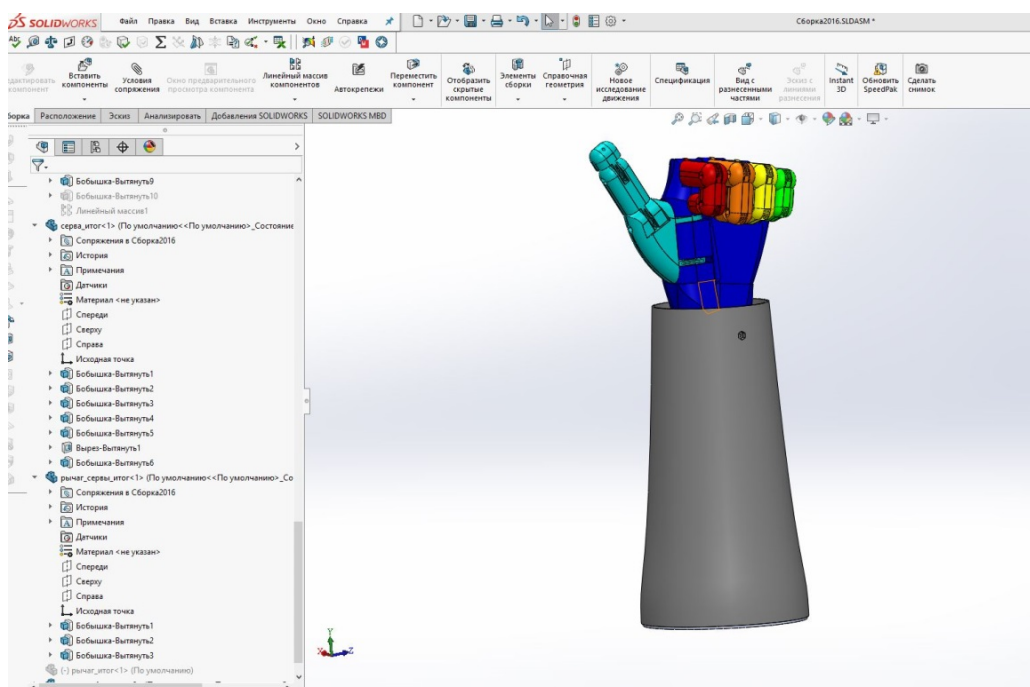


Рисунок 28 — Промежуточный дизайн

Для этого был пересмотрен дизайн создания кожуха, была изменена высота и ширина нижней части модели (рисунок 29).

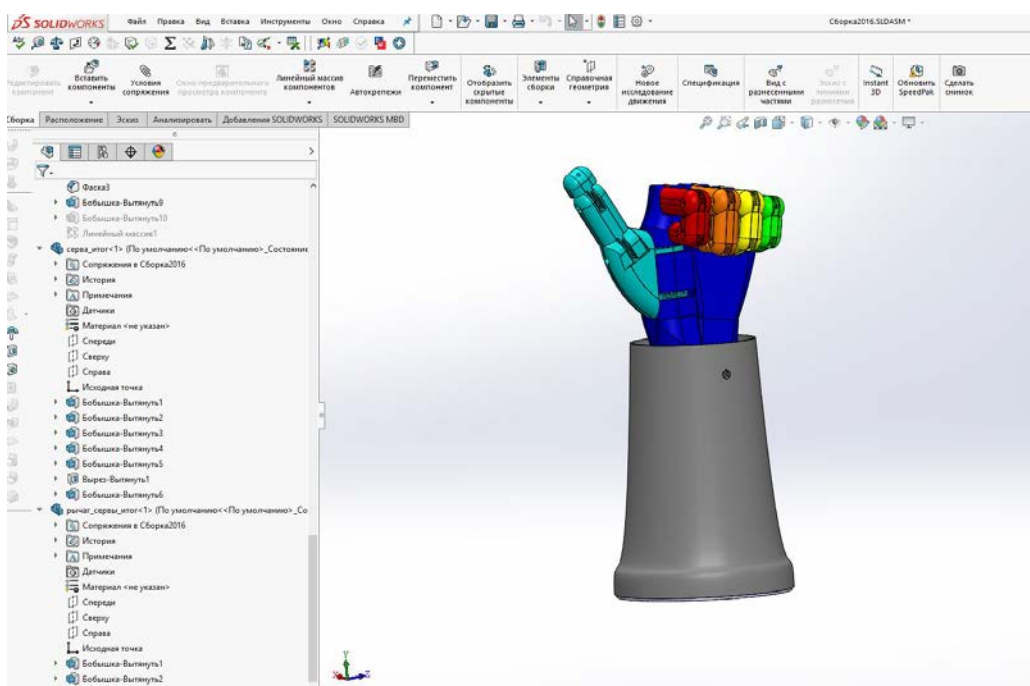


Рисунок 29 — Окончательный дизайн

Проверка движения «руки» модели в программе SolidWorks в кожухе (рукаве) в различных направлениях (рисунок 30, рисунок 31).

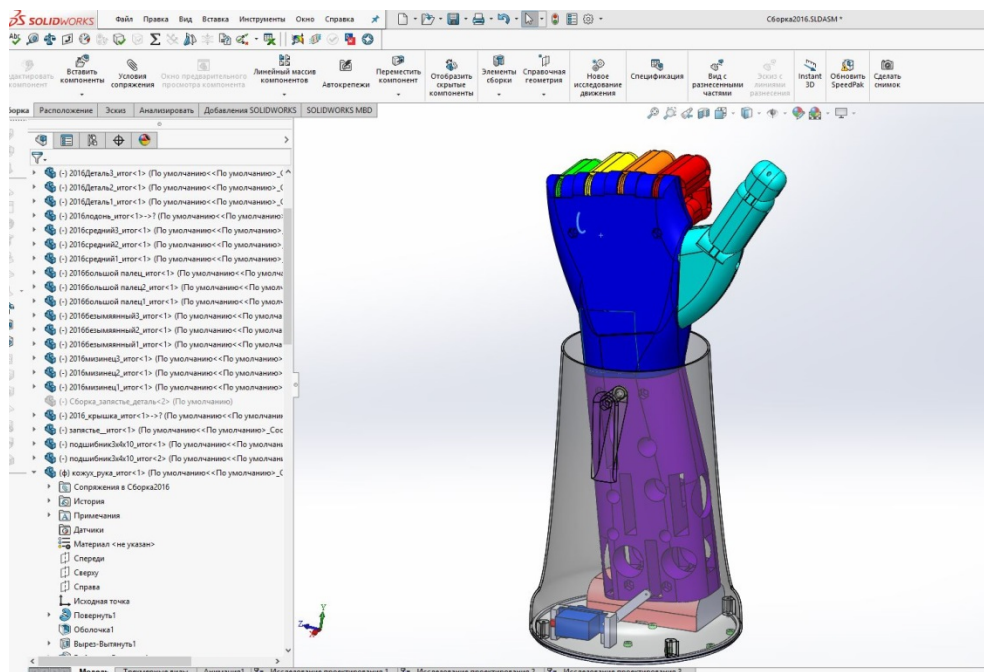


Рисунок 30 — Анализ движения ладони вправо

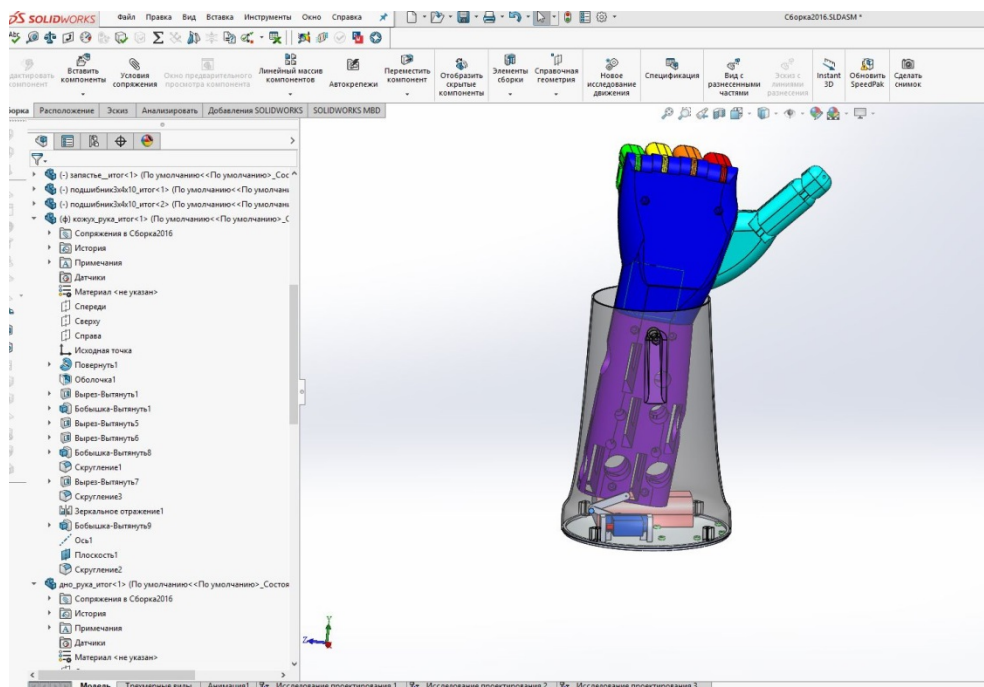


Рисунок 31 — Анализ движения ладони влево

Создание 3D модели руки и моделирование всех элементов электроники и механики. Для этого была использована специализированная программа SolidWorks, которая с легкостью позволила воплотить идеи и мысли в реальную модель и провести механический анализ движения всех элементов. Также визуально понять, как будет выглядеть манипулятор с выбранными цветами элементов.

На анализ и разработку 3D модели, выбор цветов, отработка движений исправление ошибок модели примерно было затрачено 240 часов. Выбор цветов был основан на палитре радуги, для возможности перечисления цветов радуги по пальцам и так как они являются одними из основных цветов в нашей жизни.

#### **2.6.4 Этап подготовки и печати моделей на 3D принтере**

Изготовление манипулятора руки производилось на 3D принтере (рисунок 32). Печать производится пластиком ABS разных цветов.

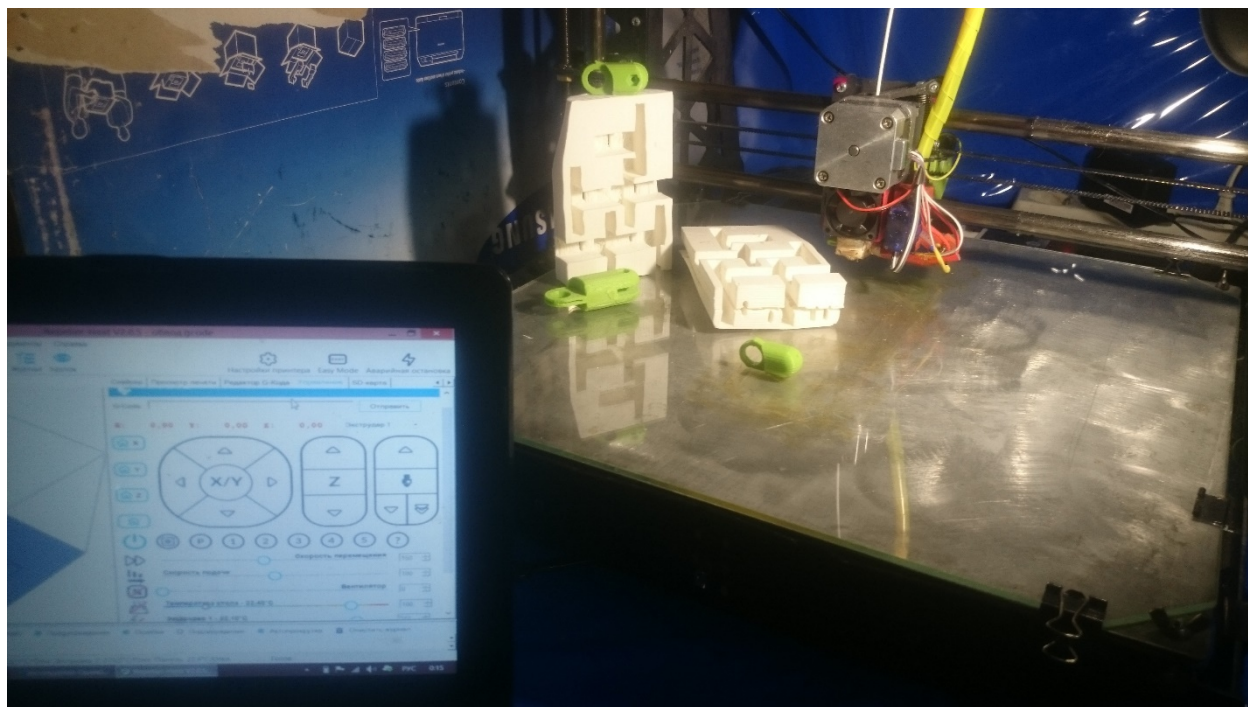


Рисунок 32 — 3D принтер

Подготовка модели к печати производилось в программе Simplify3d (рисунок 33). Параметры печати; толщина слоя 0.2мм, скорость перемещения 5 000 мм/мин., температура сопла 240 градусов, нагрев стола 100 градусов. Simplify3 — программное обеспечение 3D печати позволяет управлять всеми аспектами 3D печати, оно преобразует 3D модели в инструкции, которые понимает принтер.



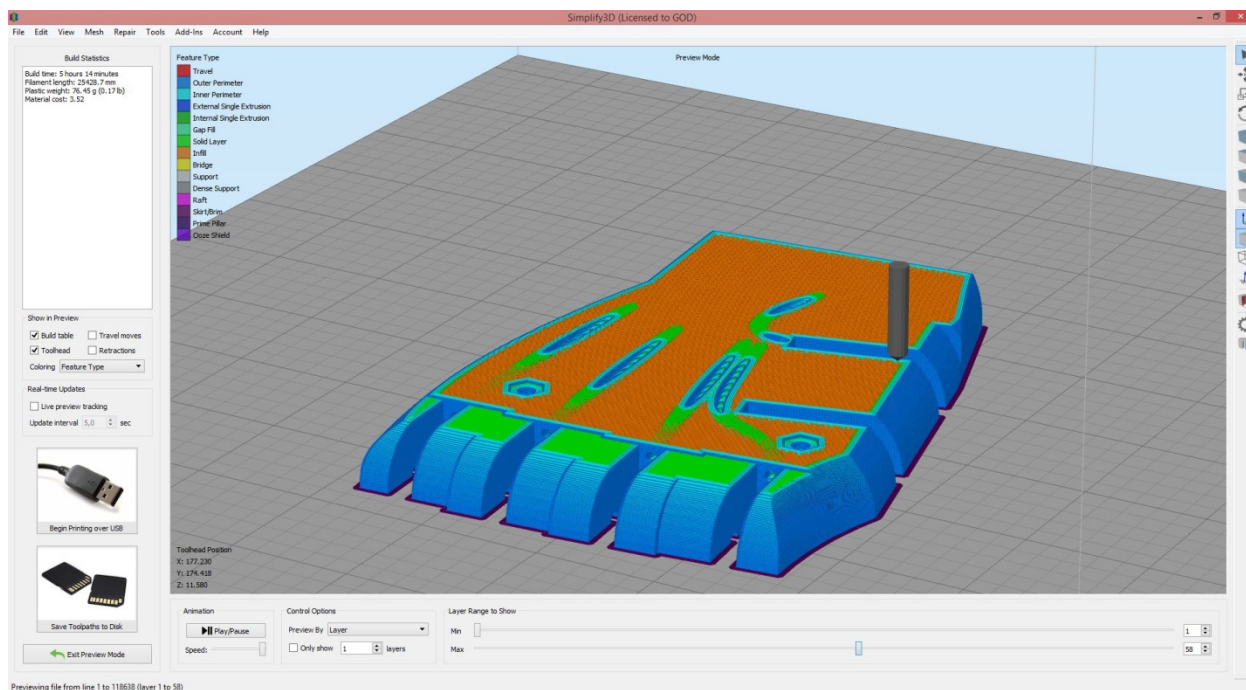


Рисунок 33 — Слайсинг в Simplify3d.

Печать производилась с помощью программного обеспечения Repetier Host для управления 3D принтером, это получился один из самых продолжительных этапов производства и изготовления манипулятора, около 50 часов (рисунок 34, рисунок 35, рисунок 36).

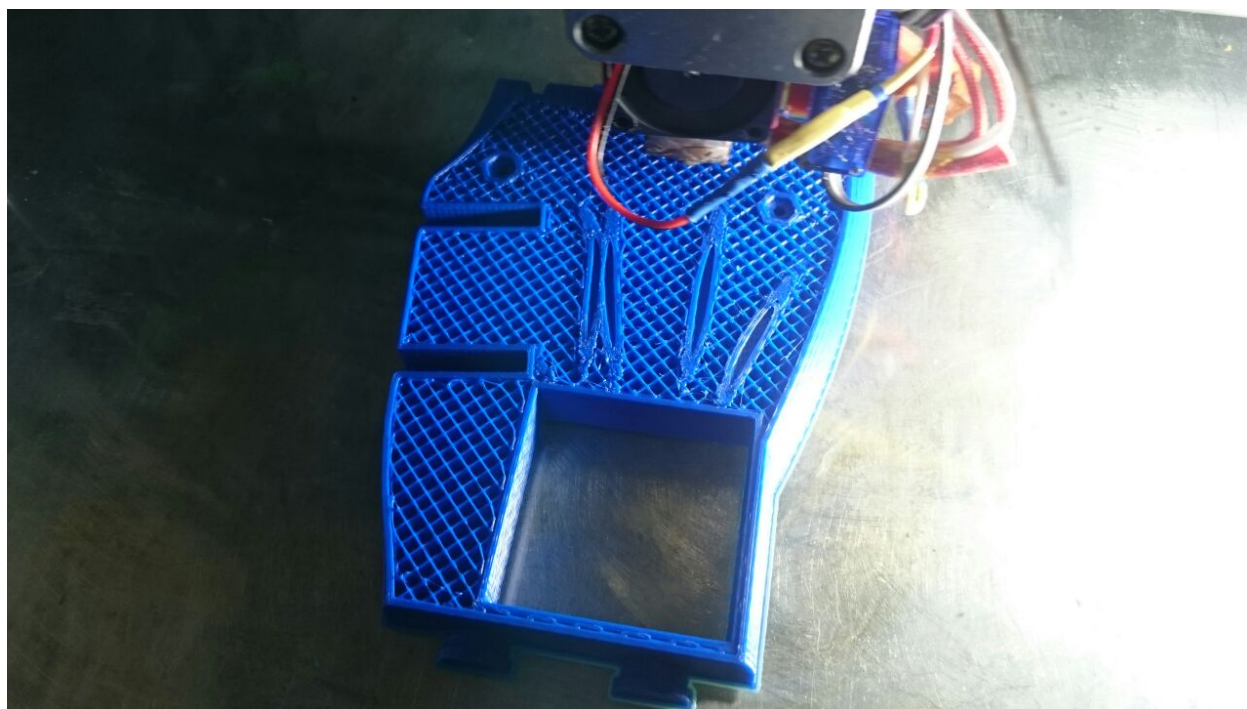


Рисунок 34 — Печать детали ладони

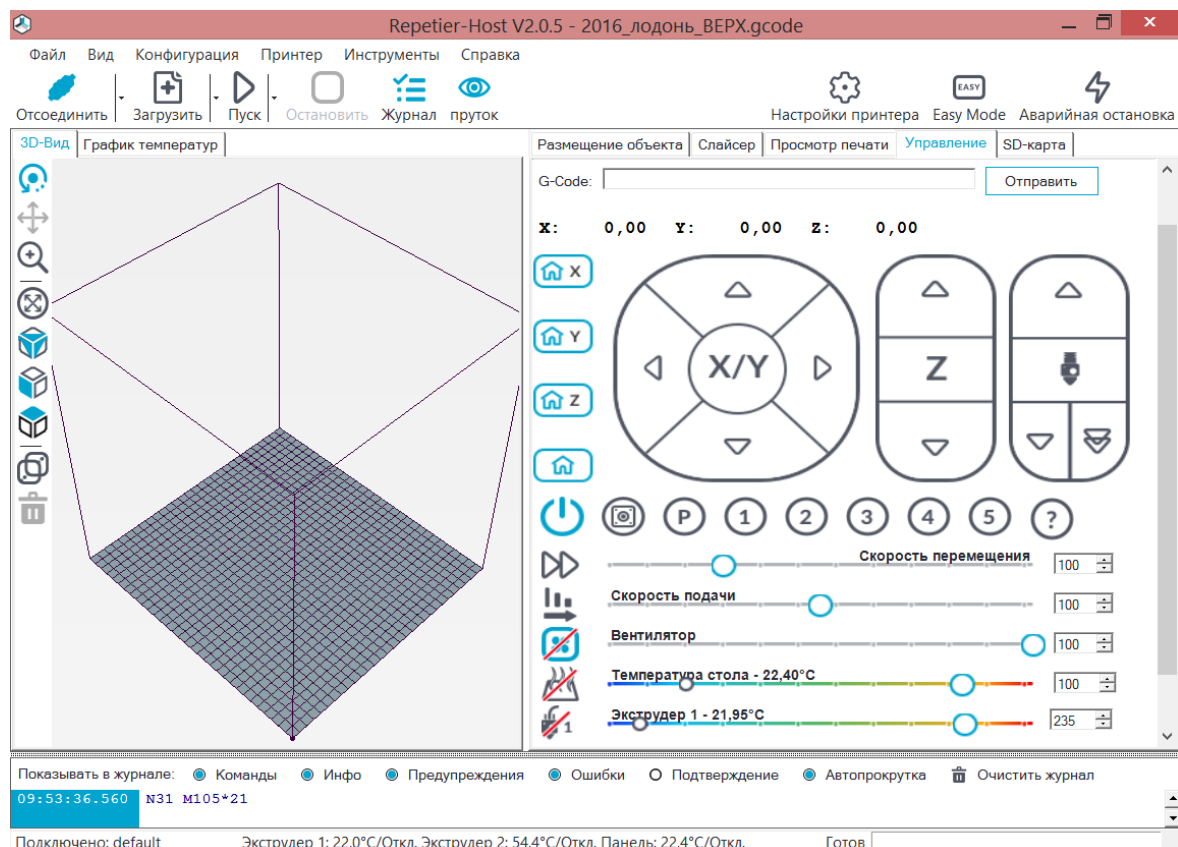


Рисунок 35 — Панель управления принтером программы Repetier Host

Выбор этих программ был обусловлен тем что они являются лучшими для управления и обработки на данный момент из доступных (бесплатных). Печать деталей производилась послойно ABS пластиком слоем 0,2 мм и стало одним из самых продолжительных этапов создание манипулятора.

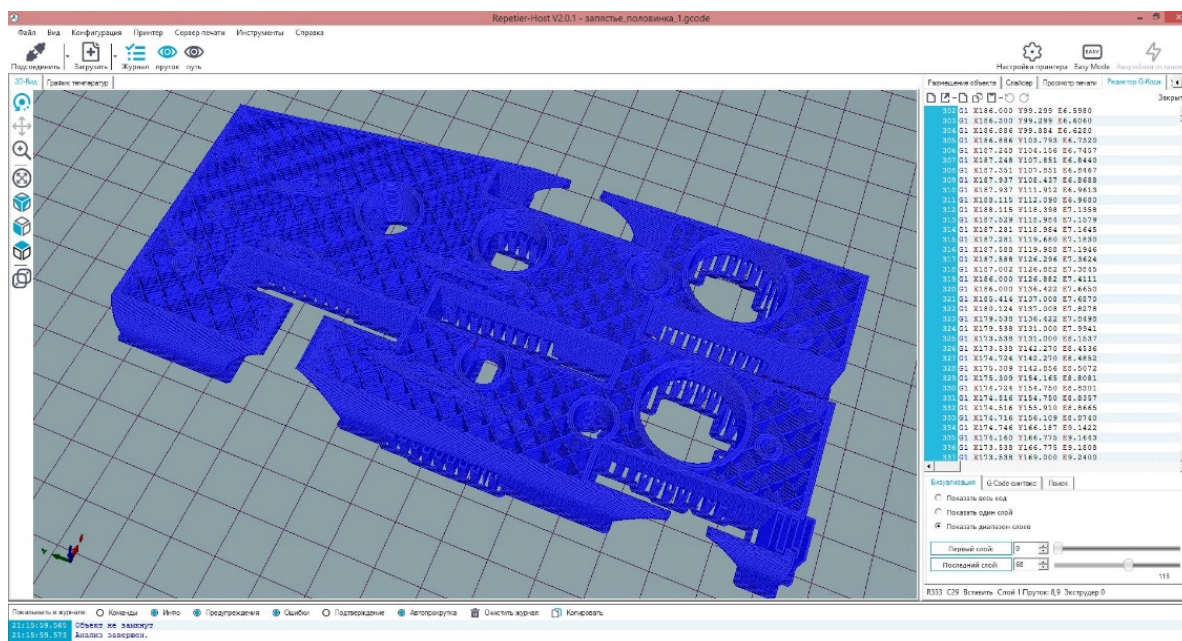


Рисунок 36 — Печать детали запястья под управлением программы Repetier Host



### 2.6.5 Сборка действующего прототипа (палец)

Модуль роботизированной руки-манипулятора и проверка его работоспособности представлены на (рисунок 37).

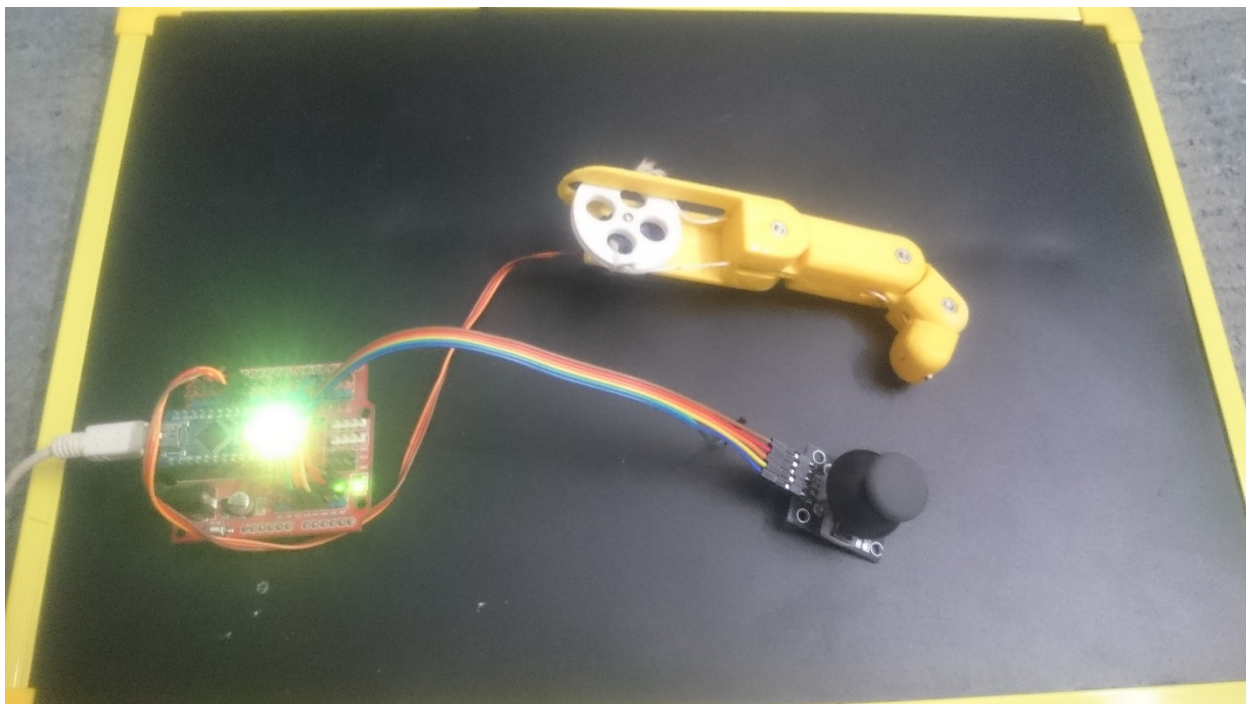


Рисунок 37 — Прототип (палец)

Прототип интерактивного манипулятора «Рука» — это частичная или возможная реализация предлагаемого нового продукта. Прототипы позволяют решать 3 основные задачи:

1. Прояснение и завершение процесса формулировки требований. Используемый в качестве формулировки требований прототип представляет собой предварительную версию части системы, понимание которой вызывает затруднения. Оценка прототипа пользователями указывает на ошибки в формулировке требований, которые можно исправить без больших затрат до создания реального продукта.

2. Исследование альтернативных решений. Прототип, как инструмент конструирования, позволяет заинтересованным в проекте лицам исследовать различные варианты реализации взаимодействия пользователей, оптимизировать удобство работы и оценить возможные технические приемы. Прото-

типы позволяют на рабочих образцах показать, насколько осуществимы требования.

3. Создание конечного продукта. Используя в качестве инструмента разработки прототип — не что иное, как функциональная реализация первичных элементов системы, которую можно превратить в готовый продукт, осуществляя последовательную цепочку небольших циклов разработки.

Основная цель создания прототипа — устранение неясностей на ранних стадиях процесса разработки. Прототипы, особенно наглядные, легче понять, чем технический жаргон разработчиков.

### **2.6.6 Обработка деталей**

Для создания деталей руки применялись аддитивные технологии. В качестве материала использовал разноцветный прочный пластик АВС. Он полностью безопасен и нетоксичен. Поверхность деталей манипулятора немного шероховатая, но сделать ее более гладкой и прочной, приятной на ощупь, позволило применение ацетоновой бани (рисунок 38).



Рисунок 38 — Ацетоновая баня (обработка деталей парами ацетона)

### 2.6.7 Сборка руки манипулятора

Сборка и наладка механической части руки манипулятора. Сборка деталей суставов пальцев (установка подшипников). Сборка и установка сервомоторов (рисунок 39).



Рисунок 39 — Сборка запястья и ладони

Подключение электроники, установка платы Arduino и установка сервомоторов, сборка корпуса, подключение всех электрических компонентов: модули питания, управление (Bluetooth модуля), аккумуляторов, серводвигателей, доводка деталей при необходимости (Рисунок 39).

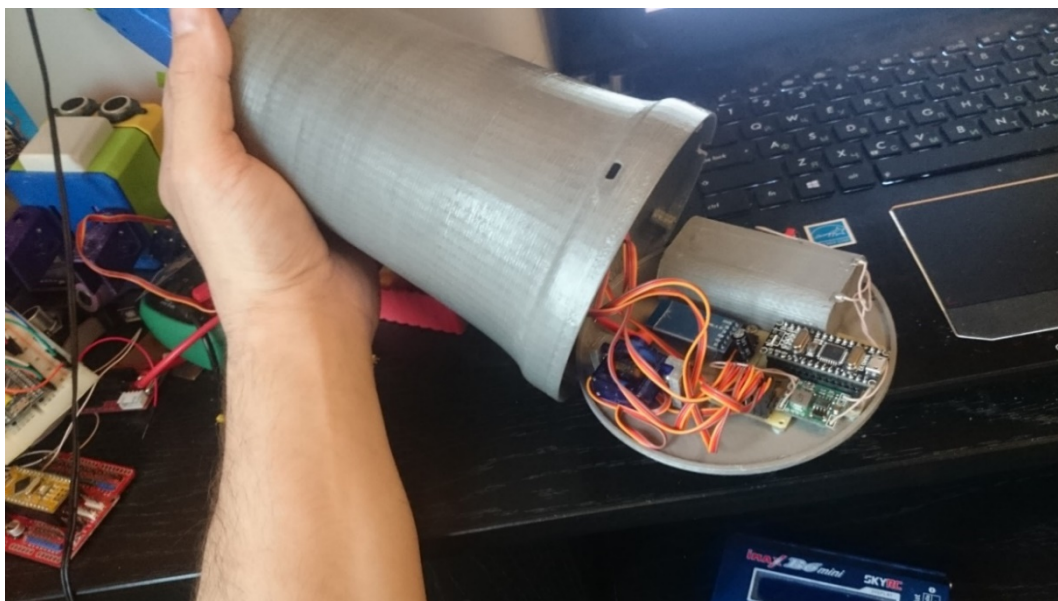


Рисунок 40 — Сборка, подключение электроники



## 2.6.8 Создание модуля голосового управления

Следующий этап представляет собой создание модуля голосового управления на базе сотовые телефоны на операционной системе (ОС) Android.

Приложение было разработано в программе MIT App inventor2. App Inventor — среда визуальной разработки Android-приложений, требующая от пользователя минимальных знаний программирования. Первоначально разработана в Google Labs, после закрытия этой лаборатории была передана Массачусетскому технологическому институту.

Для программирования в App Inventor используется графический интерфейс, визуальный язык программирования, очень похожий на языке Scratch и StarLogo TNG (рисунок 41).



Рисунок 41 — App Inventor Block Editor

Компилятор, переводящий визуальный блочный язык App Inventor в байт — код Android, основан на фреймворке GNU для реализации динамических языков Kawa, реализующего (в числе прочего) Scheme (диалект лиспа) для java платформы (и Android).

Данный программный продукт разработан в компании Google с использованием Java библиотеки Open Blocks, разработанной в MIT [31]. После решения о закрытии Google Labs компания объявила и о прекращении работы над проектом. Вместе с тем было объявлено о намерении сделать данное приложение открытым, с возможным последующим использованием его в образовании. Вслед за этим массачусетский технологический институт сообщил об открытии нового центра мобильного обучения на базе данного



## 2.6.10 Программирование и наладка

Программирование микроконтроллера Arduino Nano было произведено с помощью компьютера (Рисунок 43). При подключении манипулятора по USB проводу и установленной среде разработки Arduino IDE. Для этого была разработана программа управления микроконтроллером, для получения команд от Andro IDE устройства через Bluetooth модуль и отправки команд сервомоторам. Отладка также производилась по USB проводу.

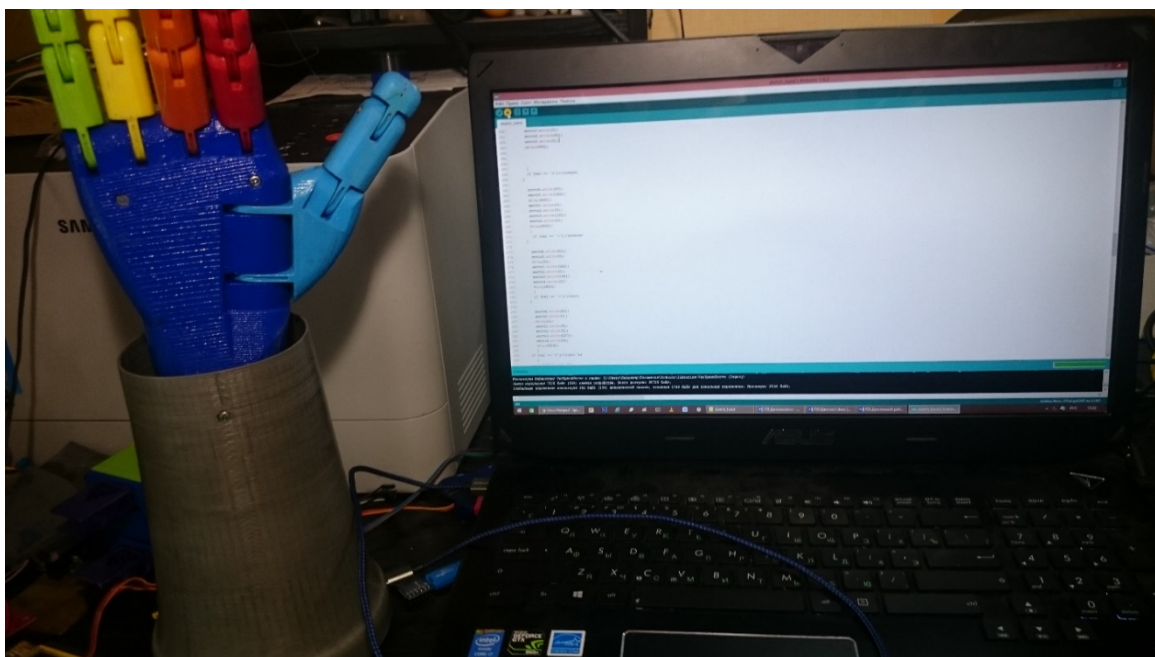


Рисунок 43 — Программирование руки манипулятора

Наладка заключалась в правильности подключения серводвигателей или программного присвоения пинов к сервам (нужным пальцем). Также надо было программно определить рабочие диапазоны углов вращения для каждого сервомотора. Для правильной работы пальцев и всех движений манипулятора. Для этого был использован терминал, встроенный в программу Arduino IDE (рисунок 44). Программно задавались углы работы сервомоторов и смотрелись максимальные и минимальные значения. Которые потом были прописаны в скетче.

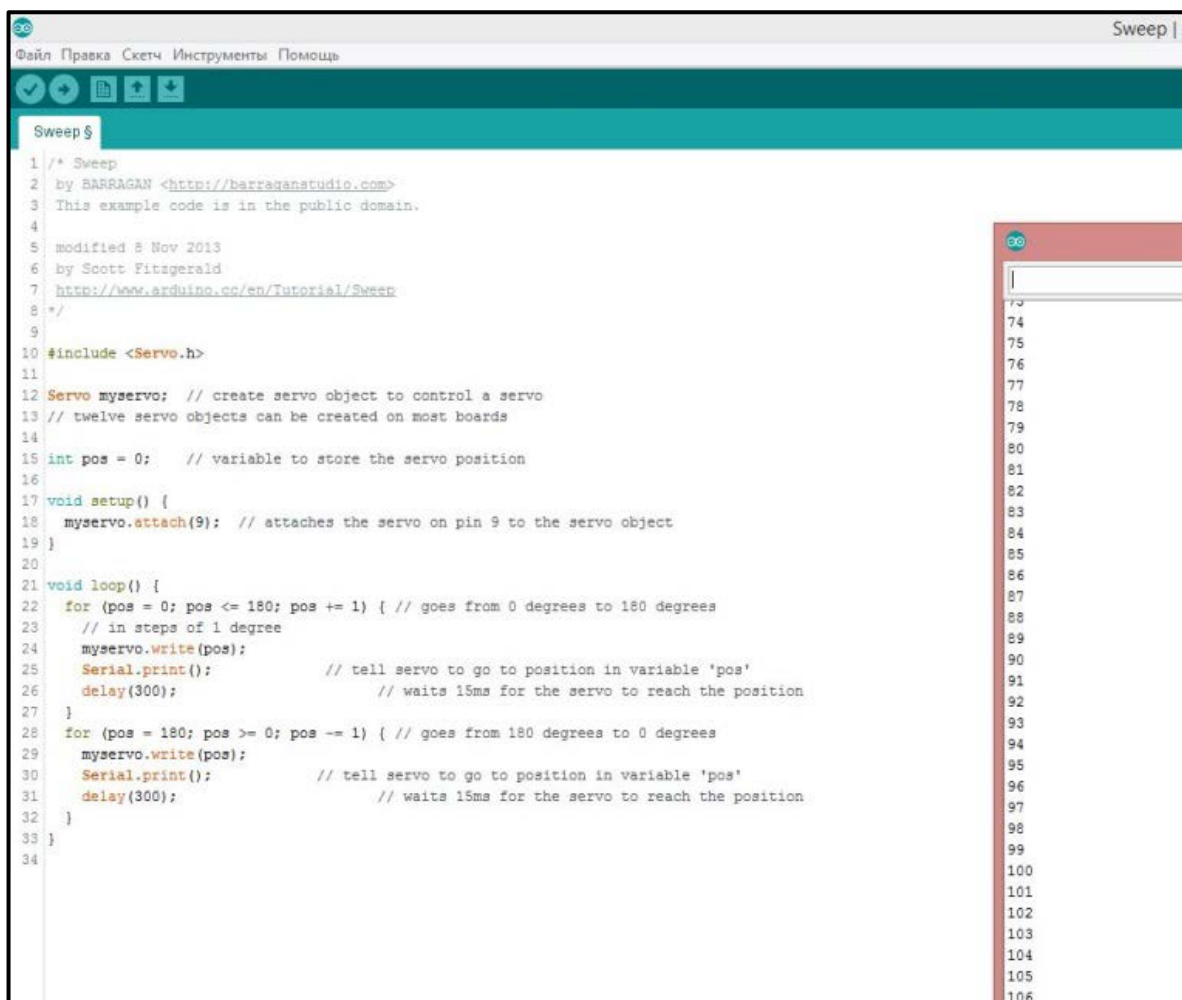


Рисунок 44 — Serial Monitor настройка углов сервомоторов

## 2.7 Калькуляция проекта

В рамках проекта было создано:

- 28 3D моделей элементов манипулятора в программе SOLIDWORKS в форматах SLDPRT и SLDASM;
- напечатано на 3D принтере 27 деталей манипулятора при помощи программного обеспечения Repetier Host, общее время печати составило 36 часов;
- создана управляющая программа микроконтроллера в среде Arduino IDE из 492 строк кода;
- создано мобильное Android-приложение в визуальной среде MIT App inventor2.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенной работы использовалось программное обеспечение; Arduino IDE SolidWorks, Repetier Host, Simplify3d. С помощью программы SolidWorks был разработана и построена 3D модель манипулятора с учетом всех длин и размеров деталей размеров реальной руки. Для определения её конструктивных ограничений, а именно диапазонов углов поворотов звеньев. Эти углы определили форму рабочей зоны, выполняемых команд. Была разработана система управления манипулятором на основе платы Arduino Nano и Android-приложение, для распознавания голосовых команд и отправки команд через Bluetooth модуль с Android устройства. Компьютерная программа позволяет управлять манипулятором в различных режимах как вручную — управление каждым звеном манипулятора. По отдельности или передвижением по углам, так и управление в автоматическом режиме, когда программируются различные позиции руки, по которым должен выполнить манипулятор программу. Проверка работоспособности манипулятора показала, что робот отрабатывает точно все движения который ему задаются в программе. При этом были заметны некоторые небольшие рывки при движении конструкции манипулятора это происходит из-за особенности сервоприводов. Также были получены новые навыки и знания построение 3D модели деталей работы, с 3D принтером разработки и тестирования в SolidWorks, сборки манипулятора, разработки системы управления и программирования. Разработанный в данной работе манипулятор можно эффективно использоваться в качестве развивающие игрушки для детей, для получения навыков взаимодействия и программирования робототехнических изделий

Манипулятором можно управлять с помощью голоса пульта управления на базе сотовые телефона на ОС Android входящего в состав разработки. Рукой можно также управлять либо через PC, либо используя модуль голосового управления. Набор интерфейса персонального компьютера (ПК) позво-

ляет управлять и программировать действия робота через компьютер. Устройство голосового управления позволит вам управлять рукой с помощью голосовых команд.

Все эти модули вместе образуют функциональное устройство, которое позволит вам проводить эксперименты и программировать автоматизированные последовательности действий или даже «оживлять» управляемую полностью по проводам или через приложение на телефоне рукой — манипулятор.

Интерфейс РМ позволит вам с помощью персонального компьютера запрограммировать руку-манипулятор на цепь автоматизированных действий или «оживить» ее. Существует также опция, в которой вы можете управлять рукой в интерактивном режиме, используя либо ручной контроллер. «Оживление» руки представляет собой «развлекательную» часть цепочки запрограммированных автоматизированных действий. Например, если вы наденете на руку — манипулятор детскую перчаточную куклу и запрограммируете устройство на показ небольшого шоу, то вы запрограммируете «оживление» электронной куклы. Программирование автоматизированных действий находит широкое применение в промышленности и индустрии развлечений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Азимов Э. Г. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам) [Текст] / Э. Г. Азимов, А. Н. Щукин. — Москва: ИКАР, 2009 — 448 с.
2. Алямовский А. А. SolidWorks 2007/2007. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А. А. Алямовский. — Москва, 2008. — 192 с.
3. Большаков В. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС — 3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex/В [Текст] / В. Большаков, А. Л. Бочков, А. Сергеев. — Москва: Книга по Требованию, 2010. — 336 с.
4. Кузнецов С. А. Большой современный толковый словарь русского языка [Текст] / С. А. Кузнецов. — Санкт-Петербург: Норинт, 2012. — 195с.
5. Варков А. А. Разработка и исследование системы управления манипуляционным промышленным роботом на базе контроллера [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://lib.eltech.ru> (дата обращения: 20.12.2017).
6. Встовский Н. Ю. Разработка учебного робота-манипулятора, аппаратная часть [Электронный ресурс] / Н. Ю. Встовский, Е. А. Шеленок, Г. В. Шеразадишвили. — Режим доступа: <http://pnu.edu.ru> (дата обращения: 15.09.2017).
7. Журбенко П. А. SolidWorks 2016. Трехмерное моделирование деталей и выполнение электронных чертежей [Текст]: учебник / П. А. Журбенко, Н. Ф. Гузненков, Т. Бондарева. — под ред. Егорова Е. О. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. — 128 с.
8. Ефремова Т. Ф. Новый толково-словообразовательный словарь русского языка [Текст] / Т. Ф. Ефремова. — Санкт-Петербург: Астрель, 2000. — 1222 с.

9. Зенкевич С. Л. Основы управления манипуляционными роботами [Текст] / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 480 с.
10. Зиновьев Д. Основы моделирования в SolidWorks [Текст] / Д. Зиновьев. — Москва: ДМК-Пресс, 2007. — 240 с.
11. Иванов В. Программирование микроконтроллеров для начинающих. Визуальное проектирование, язык C, ассемблер (+ CD) [Текст] / В. Иванов. — Москва: Корона-Век; ДМК-Пресс, 2010. — 176 с.
12. Канаев Е. М. Конструкции промышленных роботов [Текст]: учебное пособие / Е. М. Канаев, Ю. Г. Козырев, Б. И. Черпаков, В. И. Царенко. — Москва: Высш. шк, 1987. — 95 с.
13. Комлев Н. Г. Словарь иностранных слов [Текст] / Н. Г. Комлев. — Москва: Эксмо, 2006. — 672 с.
14. Лабораторный практикум по изучению микроконтроллеров архитектуры ARM Cortex-M4 на базе отладочного модуля STM32F4 Discovery [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.compel.ru> (дата обращения: 29.12.2017).
15. Лапина И. Большой энциклопедический словарь. [Текст] / И. Лапина, Е. Металина. — Санкт-Петербург: Астрель, 2003. — 1248 с.
16. Макконнелл С. Совершенный код [Текст] / С. Макконнелл. — Москва: Русское издательство, 2017. — 896 с.
17. Мартин Роберт К. Чистый код. Создание, анализ и рефакторинг. Библиотека программиста [Текст] / Роберт К. Мартин. — Санкт-Петербург: Эгмонт, 2018. — 464 с.
18. Монк Саймон Програмируем Arduino. Работа со скетчами [Текст] / Саймон Монк. — Санкт-Петербург: Питер, 2017. — 208 с.
19. Ожегов С. И. Толковый словарь русского языка [Текст] / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. — Москва: ИТ технологии, 2011. — 900 с.



20. Прокопенко В. Программирование микроконтроллеров ATMEЛ на языке С (+ CD-ROM) [Текст] / В. Прокопенко. — Москва: ДМК-Пресс; Корона-Век, 2015. — 320 с.
21. Промышленный робот [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 02.01.2018)
22. Ревич Ю. Азбука электроники. Изучаем Arduino [Текст] / Ю. Ревич. — Москва: «АСТ», 2017. — 224 с.
23. Роботы-манипуляторы.рф [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://xn----8sbb4apdidbgjdltho3kl6e.xn--p1ai/> (дата обращения: 03.10.2017).
24. Рябченко В. В. Программно-аппаратный комплекс управления роботами-манипуляторами фирмы NEURONICS AG [Электронный ресурс] / В. В. Рябченко, Н. Н. Дацун. — Режим доступа: <http://ea.donntu.edu.ua> (дата обращения: 15.11.2017).
25. Соммер Улли Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino [Текст] / Улли Соммер. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2016. — 256 с.
26. Справка по SOLIDWORKS [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://help.solidworks.com/2017/russian/solidworks/sldworks/c\\_introduction\\_toplevel\\_topic.htm](http://help.solidworks.com/2017/russian/solidworks/sldworks/c_introduction_toplevel_topic.htm) (дата обращения: 15.12.2017).
27. Сервомотор и Arduino||Arduino-diy.com [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://arduino-diy.com/arduino-servomotor> (дата обращения: 27.01.2018).
28. Юревич Е. И. Управление роботами и робототехническими системами [Текст] / Е. И. Юрьевич. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. — 168 с.
29. Arduino-Home [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.arduino.cc> (дата обращения: 26.11.2017).

30. Arduino.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://arduino.ru> (дата обращения: 08.09.2017).

31. MIT App Inventor 2 на русском [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://appinvent.ru> (дата обращения: 16.09.2017).

32. Repetier Host [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.repetier.com> (дата обращения: 21.01.2018).

33. Simplify3d [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.simplify3d.com> (дата обращения: 20.01.2018).

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**